

干冰气调法对散装卤凤爪货架期的影响

刁欣悦¹, 南家莲², 郝延军^{1*}, 马菲¹, 刘丽¹

1(江南大学 食品学院 江苏 无锡 214122) 2(潍坊工程职业学院 山东 青州 262500)

摘要 为延长散装卤凤爪的货架期,对菌落总数、硫代巴比妥酸值(thiobarbituric acid reactive substances value, TBARS)、挥发性盐基氮(total volatile base nitrogen, TVB-N)、pH值、色度、感官品评以及电子鼻分析等指标进行分析,探究干冰的使用方式(仅第0天加入干冰;第0、2、4天加干冰;第0、3天补加干冰)对散装卤凤爪货架期的影响。结果表明,仅在0d添加干冰可将货架期延长至3d,而分别添加2次和3次干冰组都可以将货架期延长至5d,与对照组相比,延长3d。干冰组的TBARS与TVB-N值都低于空白对照组($P < 0.05$),且色泽要明显优于对照组($P < 0.05$),电子鼻分析结果与感官小组评价结果一致,都表明干冰具有较好的保鲜效果。实验结果说明干冰保鲜法可用于延长散装卤凤爪的货架期,为散装酱卤肉制品的保鲜提供了一条新思路。

关键词 干冰; 散装卤凤爪; 保鲜; 货架期; 品质

酱卤肉制品是原料肉用香辛料和调味料加水煮制而成,产品酥软,风味浓郁,很大程度地保持了肉制品的营养成分,深受消费者的欢迎^[1-2]。卤凤爪是较为常见的一种酱卤肉制品,目前,70%左右的卤凤爪产品以未经严格密封包装的散装方式进行销售,冷链运输过程温度波动也很大,二次污染严重,加之销售场所卫生难以控制^[3]及未经过杀菌处理等原因,货架期一般不会超过2d,微生物超标的现象也时有发生,给生产企业、销售商及消费者都带来很大影响。目前散装卤肉保鲜大多依靠添加防腐保鲜剂^[4]以及辅助冷链的方式,但保鲜效果一般^[5-6]。目前,熟制肉制品的保鲜研究大多集中在密封保鲜上,ZHAI等^[7]使用气调包装延长了盐水鸭的货架期并保持了盐水鸭较好的品质,黄艳梅等^[8]利用复合保鲜剂结合真空包装延长了酱卤肉制品货架期,而对于未严格密封包装的散装产品气调真空等包装保藏法是不适用的,新型保鲜方法亟待出现。

干冰即固体CO₂,是一种安全无毒的冷媒,在常压下可全部升华为CO₂气体,因此干冰保鲜法实际上是一种新型的气调保鲜法,该方法不需要专用的气调保鲜设备,也不需要严格的密封包装,既不存在传统气调包装仅能使用一次的问题,又可以降低生产成本,且安全无残留,操作简单,是一种简单方便的新型保鲜方式。CO₂气体常被用于碳酸饮料中,对人体无

害,且具有抑菌和杀菌的效果,是气调保鲜常用的气体之一,已广泛应用于熟制肉制品的保鲜中。叶可萍等^[9]研究了气调包装的酱卤鸭翅;ZHAI等^[7]利用含CO₂的气调包装对盐水鸭进行保鲜,获得了良好的保鲜效果。相比传统的气调包装,干冰升华吸热及自身温度低的特点也是一大优势,它不仅可以降低包装件温度,还有效地防止了运输过程的温度波动。因此,干冰保鲜法是一种有研究价值的新型气调保鲜方式。早在20世纪80年代章村人^[10]就将干冰用于家禽胴体的冷却和保藏。JEYASEKARAN等^[11]利用干冰冷链运输鱼类,发现在运输过程中菌落总数和挥发性盐基氮都较低,有较好的保鲜效果。甘泉等^[12]将干冰喷涂技术和块状干冰应用于低温火腿和香辣牛肉上,将干冰与熟肉制品直接接触以达到冷却产品的效果。干冰在卤肉保藏应用还鲜有提及,本研究将干冰应用于散装卤凤爪的保鲜中,探讨了保鲜过程中卤凤爪的品质变化规律,为延长散装卤凤爪保质期,进而将该技术推广到酱卤肉制品的保鲜中提供一定的理论支持。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

凤爪、葱、姜、食用盐、酱油等调味料,购于本地超市。

平板计数琼脂(国药集团)、干冰(食品级)等,试验中化学试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

第一作者: 硕士研究生(郝延军教授为通讯作者, E-mail: huan-yanjun@jiangnan.edu.cn)。

收稿日期: 2019-02-29, 改回日期: 2019-03-15

SW-CJ-2FD 型洁净工作台,苏州安泰空气技术有限公司;SCIENTZ-09 型无菌均质器,宁波新芝生物科技股份有限公司;SPX 型智能生化培养箱,南京实验仪器厂;高压杀菌锅、PEN 3 式电子鼻,德国 Airsense 公司;SSW-420-2S 型电热恒温水槽,上海博迅实业有限公司医疗设备厂;STARER3100 型实验室 pH 计,奥豪斯仪器(上海)有限公司;D-37520 型离心机,德国 Sigma 公司;CR-400 型色差计,日本柯尼卡美能达;UV2600 型分光光度计,上海添时科学仪器有限公司;Oxybaby 6.0 i 气体分析仪,德国威特(WITT)公司。

1.3 方法

1.3.1 凤爪卤制工艺流程

根据黄艳梅等^[8]所用工艺稍作修改。

洗净凤爪→煮沸卤料→将凤爪放入保持在 80℃ 的卤汁中→卤制 30 min→捞出冷却至 2~4℃(整个制作流程不添加任何保鲜剂)

1.3.2 样品处理

将冷却后的卤凤爪进行分装,装入普通市售 PET/CPE 复合聚酯食品袋(O_2 透过率 $119.69 \text{ cm}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{d} \cdot \text{Pa})$ 、 CO_2 透过率 $390.96 \text{ cm}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{d} \cdot \text{Pa})$),每份样品约为 500 g,随机分为 4 组,每组 9 包,1 组作为空白对照组,不做任何处理。另外 3 组作为干冰组,将干冰放入装有卤凤爪的食品袋中,干冰不与卤凤爪直接接触。第 1 组:第 0 天加入 90 g 干冰,第 2 组:第 0 天加入 90 g 干冰并在第 2、4 天补加 90 g 干冰,第 3 组:第 0 天加入 90 g 干冰并在第 3 天补加 90 g 干冰。各组编号为 DI 0、DI 2、DI 3。样品包装袋用封口夹封口,置于 4℃ 冰箱储藏,在规定时间内每组随机取 3 袋进行相关指标测定。

以凤爪卤制当天作为第 0 天,在储藏期 0~5 d 对卤凤爪的各项指标进行测定,除第 0 天外各项指标(不包括气体成分)测量时间均为添加干冰后第 4 小时。

1.3.3 指标测定

1.3.3.1 气体成分的测定^[7]

包装袋内的气体成分采用 Oxybaby 6.0 i 气体分析仪进行分析,所有测量时间均为添加干冰后第 4 小时。

1.3.3.2 样品中微生物的测定

菌落总数根据 GB 4789.2—2016《食品微生物学检验菌落总数测定》^[13]所规定方法进行测定。

大肠菌群数根据 GB 4789.3—2016《食品微生物学检验大肠菌群计数》^[14]中平板计数法进行测定。

样品均采用 GB4789.1《食品微生物学检验总

则》^[15]中二级采样法进行取样,取样数为 5。评价标准参照 GB2726—2016《熟肉制品卫生标准》^[16],允许出现不超过 2 个样品中菌落总数超过 10^4 CFU/g ,允许出现不超过 2 个样品中大肠菌群数超过 10 CFU/g 。

1.3.3.3 挥发性盐基氮(total volatile base nitrogen, TVB-N)含量的测定

采用 GB5009.228—2016《食品安全国家标准食品中挥发性盐基氮的测定》中的半微量定氮法进行测定^[17]。

1.3.3.4 硫代巴比妥酸(iobarbituric acid reactive substance TBARS)的测定

采用 NAM^[18]的方法并加以改进,同时做平行实验和空白实验。

1.3.3.5 pH 值的测定

按照 GB5009.237—2016《食品安全国家标准食品 pH 值的测定》中的均质化样品进项测定^[19]。

1.3.3.6 色差的测定

将卤凤爪表皮肉样取下平铺在保鲜膜上,铺成较均匀的块状,空气中暴露 5 min 后轻轻按压,使上表面较为平整后再用 CR-400 型色差计进行测量。

1.3.3.7 感官品评^[20]

感官品评小组是由 10 名经过简单训练的青年组成,其中女生 4 名,男生 6 名,年纪均处在 20~28 岁。将卤凤爪外观、颜色、气味、口感以及总体接受程度作为评价指标,采用 7 分制的评价标准,其中低于 4 分为不可接受。感官品评前将卤凤爪从冰箱取出微波加热 2 min。

1.3.3.8 电子鼻风味差异分析

用洗净除味的刀将卤凤爪上的肉取下,剁碎,装入电子鼻专用瓶中,每瓶样品量为 3 g,盖好瓶盖并裹上保鲜膜后,放入 28℃ 恒温箱 30 min 后取出。采用 PEN3 式电子鼻对卤凤爪进行风味差异分析,每组平行数为 4。

1.3.3.9 冷灼率的测定

由于干冰温度很低,在其靠近卤凤爪时会使其表面产生一层“白霜”,本文中将其表面有“白霜”的凤爪定义为“冷灼凤爪”,冷灼率如公式(1)所示。

$$\text{冷灼率} \% = \frac{\text{冷灼凤爪个数}}{\text{总凤爪个数}} \times 100 \quad (1)$$

1.4 数据处理

实验结果应用 Microsoft Excel 2010、SPSS 20 以及 Origin 8 进行数据处理与分析,使用 one-way ANOVA 方法进行分析,数据采用“平均数±误差”的方式

表达,将 $P < 0.05$ 定义为存在显著差异。所有数据均为 3 个平行样品分别测定 3 次的平均数。

2 结果与分析

2.1 卤凤爪包装在储藏过程中的气体成分变化

如表 1 所示,在添加干冰的当天 3 组卤凤爪包装中的 CO_2 体积分数在 84% ~ 87%,属于高 CO_2 气调保藏,其保鲜效果较好^[21]。由于研究对象仅用封口

夹封口,气密性较差,气体成分变化也较大,但每次添加干冰都可以使 CO_2 含量维持在 80% 以上, O_2 含量也有明显的下降 ($P < 0.05$)。DI 0 组在第 2 天时, CO_2 含量已经低于 25%,且氧气含量已经高达 10%,保鲜效果已经下降^[22],储藏 3 d 时, CO_2 含量已经低于 O_2 含量,此时保鲜作用几乎丧失^[22],随着时间的延长,袋中的气体成分越来越接近于空气,保鲜效果也越来越差。

表 1 散装卤凤爪包装在储藏过程中的气体成分变化

单位: %

Table 1 Changes in atmosphere content of sauced chicken claws during storage

时间/d	DI 0		DI 2		DI 3	
	CO_2	O_2	CO_2	O_2	CO_2	O_2
0	85.10 ± 1.556 ^A	2.825 ± 0.658 ^A	86.55 ± 2.899 ^A	2.09 ± 0.049 ^{5A}	84.30 ± 1.555 ^{6A}	2.74 ± 0.282 ^{8A}
1	52.85 ± 0.636 ^B	6.485 ± 0.134 ^B	59.80 ± 0.282 ^{4B}	7.27 ± 0.155 ^{6B}	52.15 ± 0.354 ^B	7.04 ± 0.127 ^{3B}
2	22.42 ± 2.093 ^C	10.755 ± 1.99 ^C	87.45 ± 1.202 ^A	2.43 ± 0.282 ^{8A}	25.55 ± 0.707 ^C	11.615 ± 0.09 ^C
3	13.00 ± 0.028 ^{9D}	15.64 ± 0.113 ^D	44.45 ± 0.354 ^C	7.23 ± 0.127 ^{3B}	80.85 ± 3.889 ^D	4.775 ± 0.856 ^D
4	9.30 ± 0.141 ^{4E}	16.48 ± 0.127 ^E	80.90 ± 1.414 ^D	5.56 ± 1.654 ^{6C}	40.95 ± 0.071 ^E	8.77 ± 0.155 ^{6E}
5	7.65 ± 0.212 ^{1F}	17.125 ± 0.25 ^F	59.25 ± 0.778 ^E	8.665 ± 0.912 ^D	22.20 ± 0.848 ^{5F}	11.915 ± 0.99 ^F

注: 同列中标注不同大写字母表示不同贮藏时间上存在显著差异, $P < 0.05$ 。

2.2 卤凤爪保藏过程中微生物的变化

2.2.1 卤凤爪保藏过程中菌落总数的变化

由表 2 可知,在整个储藏期 5 d 内,菌落总数呈上升趋势,空白组的菌落明显高于其他组 ($P < 0.05$),说明干冰具有良好的抑菌保鲜效果。其原因在于,干冰挥发会生成 CO_2 , CO_2 对需氧型腐败菌有抑制作用^[23-24]。干冰自身温度较低,升华需热,导致整个环境处于低温状态,低温可抑制微生物的生长^[25]。储藏 2 d 时,空白组的菌落总数已达到 4.2 lg(CFU/g),超出国家标准要求(4 lg(CFU/g))。而

干冰组储藏在第 3 天时还小于 4 lg(CFU/g),DI 2、DI 3 两组的货架期更是延长至 5 d。DI 0 组中,从储藏 3 d 开始,菌落总数生长速率明显加快 ($P < 0.05$),这与袋中气体成分的变化有很大关系。DI 2 组中 3、4 d 的菌落总数差异不大 ($P > 0.05$),这是由于频繁的气体交换导致卤凤爪中菌相的变化^[9],使干冰的抑菌效果有所减弱。5 d 时 DI 2、DI 3 两组菌落总数无差异 ($P > 0.05$),在实际生产中可采用仅补添 1 次干冰进行保鲜的方式。

表 2 卤凤爪保藏过程中菌落总数(lg CFU/mL)变化

Table 2 Changes in total bacteria count of sauced chicken claws during storage

时间/d	空白	DI 0	DI 2	DI 3
0	2.71 ± 0.036 ^{1aA}	2.71 ± 0.036 ^{1aA}	2.71 ± 0.036 ^{1aA}	2.71 ± 0.036 ^{1aA}
1	3.11 ± 0.014 ^{1aB}	2.91 ± 0.013 ^{4bB}	2.91 ± 0.009 ^{79bB}	2.92 ± 0.014 ^{9bB}
2	4.21 ± 0.007 ^{78aD}	3.29 ± 0.009 ^{93bD}	3.07 ± 0.103 ^{cbB}	3.47 ± 0.012 ^{7bD}
3	5.13 ± 0.006 ^{36aAB}	3.99 ± 0.015 ^{6bAB}	3.68 ± 0.016 ^{3cD}	3.05 ± 0.032 ^{5dAB}
4	6.20 ± 0.011 ^{3aAD}	4.89 ± 0.007 ^{78bAD}	3.56 ± 0.002 ^{83cD}	3.65 ± 0.012 ^{7cB}
5	7.42 ± 0.008 ^{49aBD}	5.83 ± 0.007 ^{07bABD}	3.91 ± 0.017 ^{7dAB}	3.97 ± 0.008 ^{49dAD}

注: 同行中标注不同小写字母表示不同包装处理组之间存在显著差异, $P < 0.05$; 同列中标注不同大写字母表示不同贮藏时间上存在显著差异, $P < 0.05$ 。

2.2.2 卤凤爪保藏过程中大肠菌群数的变化

保藏实验周期中,未检出大肠菌群数。

2.3 散装卤凤爪在储藏过程中 TVB-N 的变化

TVB-N 是肉制品由于酶和细菌的作用,使蛋白

质分解而产生氨以及胺类等碱性含氮物质,TVB-N 的含量与肉制品的腐败程度成正比,是评价肉制品新鲜程度的重要指标之一^[26]。如图 1 所示,在整个储藏过程中 4 组的 TVB-N 含量都是呈上升趋势的,表

明在整个储藏过程中卤凤爪中的蛋白一直被分解,但是空白组与干冰组之间存在显著差异 ($P < 0.05$),干冰组 TVB-N 的上升速率较慢,究其原因可能是干冰挥发导致的低温环境,抑制了酶的活性^[27]。

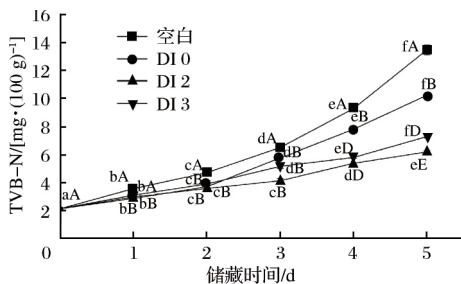


图1 散装卤凤爪储藏过程中 TVB-N 的变化

Fig. 1 Changes in TVB-N of sauced chicken claws during storage

注:不同的小写字母表示不同时间同组之间存在显著差异 $P < 0.05$;不同的大写字母表示同时间内不同组之间存在显著差异 $P < 0.05$,下同。

2.4 散装卤凤爪在储藏过程中 TBARS 的变化

TBARS 是一个反应脂肪氧化的指标,通过测定肉样中丙二醛的含量,来确定肉制品中脂肪氧化的程度,可在一定程度上反映肉制品储藏过程中的新鲜度^[28]。

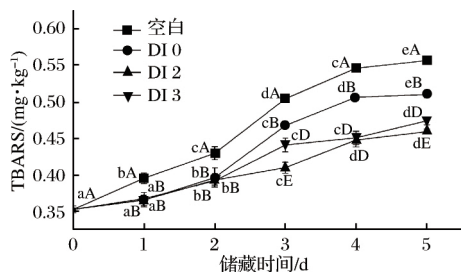


图2 散装卤凤爪储藏过程中 TBARS 的变化

Fig. 2 Changes in TBARS of sauced chicken claws during storage

由图2可以看出,在整个储藏过程中 TBARS 值都是呈上升趋势,这与 SIVARAJAN 等^[29]研究的鸡肉产品在储藏过程中 TBARS 变化趋势保持一致。干冰组与空白组差异明显 ($P < 0.05$),说明干冰具有良好的抑制脂肪氧化能力,这可能是由于干冰升华产生 CO_2 ,使得整个包装中 CO_2 含量较高,而 O_2 成分占比较低,有效减少了脂肪与氧的接触,降低其氧化程度,使得卤凤爪保持较好的品质。

2.5 散装卤凤爪在储藏过程中 pH 的变化

由图3可知,在储藏末期,所有组别的卤凤爪 pH 都要比初始值高,这是由于在储藏过程中,微生物分解凤爪中的蛋白质,使其发生脱羧、脱氨反应,生成含

氮的化合物而导致的^[30]。干冰组在添加后 1 d 内 pH 值无明显上升 ($P > 0.05$),究其原因,除干冰的加入有效抑制了微生物的活动外,还因为其升华产生的 CO_2 可以溶解在水相和油相中,产生 CO_3^{2-} 以及 H^+ ,使 pH 下降^[31]。储藏末期空白组的 pH 值达到 7.29,产品表面出现一层黏膜,开始产生刺鼻味道,说明产品已经腐败,而干冰组的 pH 值明显低于空白 ($P < 0.05$),无特殊味道,说明干冰可有效防止产品 pH 值上升,使产品保持较好品质。

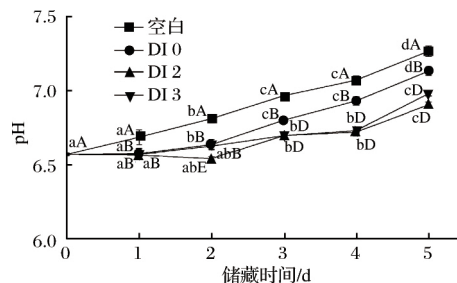


图3 散装卤凤爪储藏过程中 pH 的变化

Fig. 3 Changes in pH of sauced chicken claws during storage

2.6 散装卤凤爪在储藏过程中色度的变化

肉及肉制品的色泽是消费者选择产品并判断其品质好坏的主要因素之一,尤其是作为颜色稳定性指标的红色 (a^* 值)^[32]。如表3所示,在整个储藏过程中,4组的 a^* 值都是下降的,表明卤凤爪中的蛋白被氧化,储藏末期空白组的 a^* 明显低于干冰组 ($P < 0.05$),即空白组被氧化的情况比干冰组严重,干冰升华产生的 CO_2 降低了蛋白与氧气接触机会,有效防止卤凤爪被氧化。在整个保藏过程中,卤凤爪的亮度也呈下降的趋势,空白组在储藏 5 d 时,亮度迅速下降,是因为卤凤爪已经腐败,表面蒙有一层黏膜。干冰组与空白组的差异十分明显 ($P < 0.05$),说明干冰可以较好地保鲜卤凤爪。整个储藏过程中卤凤爪的黄色变化,整体呈下降趋势,各干冰组之间差异不大 ($P > 0.05$),但干冰组与空白组有明显差异 ($P < 0.05$),表明干冰在储藏过程中可以维持卤凤爪的色度。

2.7 感官评价

如表4所示,在保藏 5 d 内,普通卤凤爪已经达到让人无法接受的程度,出现了腐败的现象。而干冰组均处于可接受程度,其中添加 2 次干冰 (DI 2) 组,在第 5 天还保持较优的总体接受度,其外观和气味均保持较好,表明干冰保鲜法能很好地保持散装卤凤爪的品质,延长其货架期。

表3 散装卤凤爪储藏过程中色度的变化

Table 3 Changes in chroma of sauced chicken claws during storage

	时间/d	空白	DI 0	DI 2	DI 3
a^*	0	5.36 ± 0.049 5 ^{aA}	5.36 ± 0.049 5 ^{aA}	5.36 ± 0.049 5 ^{aA}	5.36 ± 0.049 5 ^{aA}
	1	4.90 ± 0.143 5 ^{aB}	4.80 ± 0.021 2 ^{aB}	4.84 ± 0.103 6 ^{aB}	4.86 ± 0.042 4 ^{aB}
	2	4.48 ± 0.063 6 ^{aC}	4.61 ± 0.028 3 ^{bC}	4.63 ± 0.078 5 ^{bC}	4.65 ± 0.035 4 ^{bC}
	3	4.11 ± 0.096 6 ^{aD}	4.12 ± 0.103 1 ^{aD}	4.14 ± 0.028 3 ^{aD}	4.18 ± 0.102 7 ^{aD}
	4	3.68 ± 0.078 ^{aE}	3.735 ± 0.063 ^{aE}	3.83 ± 0.049 5 ^{bE}	3.98 ± 0.021 2 ^{dE}
	5	2.97 ± 0.063 5 ^{aF}	3.31 ± 0.042 4 ^{bF}	3.56 ± 0.049 5 ^{dF}	3.81 ± 0.087 3 ^{eF}
b^*	0	18.41 ± 0.0629 ^{aA}	18.41 ± 0.0629 ^{aA}	18.41 ± 0.0629 ^{aA}	18.41 ± 0.0629 ^{aA}
	1	17.59 ± 0.3536 ^{aB}	16.42 ± 0.1344 ^{bB}	16.46 ± 0.1626 ^{bB}	16.56 ± 0.0495 ^{bB}
	2	16.21 ± 0.0141 ^{aC}	15.5 ± 0.0953 ^{bD}	15.29 ± 0.0283 ^{dC}	16.82 ± 0.2051 ^{eB}
	3	14.67 ± 0.1131 ^{aD}	15.83 ± 0.0566 ^{bD}	16.16 ± 0.1061 ^{dB}	15.60 ± 0.0141 ^{bC}
	4	15.285 ± 0.0453 ^{aE}	15.63 ± 0.1626 ^{bD}	14.54 ± 0.2970 ^{cD}	15.21 ± 0.1178 ^{aD}
	5	12.59 ± 0.4526 ^{aF}	14.065 ± 0.0636 ^{bE}	14.26 ± 0.1061 ^{bD}	14.62 ± 0.3253 ^{dE}
L^*	0	47.70 ± 0.7283 ^{aA}	47.70 ± 0.7283 ^{aA}	47.70 ± 0.7283 ^{aA}	47.70 ± 0.7283 ^{aA}
	1	46.37 ± 0.7425 ^{aB}	45.86 ± 0.05657 ^{bB}	45.61 ± 0.1556 ^{bB}	46.61 ± 0.1556 ^{bB}
	2	44.22 ± 0.3253 ^{aC}	43.79 ± 0.5940 ^{bC}	44.14 ± 0.0990 ^{dC}	44.29 ± 0.1131 ^{aD}
	3	42.10 ± 1.167 ^{aD}	45.02 ± 0.6505 ^{bD}	43.52 ± 0.1131 ^{dD}	42.17 ± 0.1839 ^{aE}
	4	40.91 ± 0.0849 ^{aE}	43.21 ± 1.025 ^{bC}	42.95 ± 0.6930 ^{dE}	43.50 ± 0.3323 ^{bF}
	5	35.35 ± 0.4596 ^{aF}	40.66 ± 0.2616 ^{bF}	42.21 ± 0.1273 ^{dE}	42.51 ± 0.0778 ^{dE}

注: 同行中标注不同小写字母表示不同包装处理组之间存在显著差异, $P < 0.05$; 同列中标注不同大写字母表示不同贮藏时间上存在显著差异, $P < 0.05$ 。仅在 a^* 、 b^* 、 L^* 各自组内比较。

表4 感官评分表

Table 4 Sensory scoring scale

时间	指标	空白	DI 0	DI 2	DI 3
第1天	外观	6.6 ± 0.3 ^{aA}	6.6 ± 0.2 ^{aA}	6.5 ± 0.3 ^{aA}	6.6 ± 0.3 ^{aA}
	颜色	6.5 ± 0.2 ^{aA}	6.5 ± 0.1 ^{aA}	6.5 ± 0.2 ^{aA}	6.5 ± 0.1 ^{aA}
	气味	6.8 ± 0.3 ^{aA}	6.7 ± 0.3 ^{aA}	6.7 ± 0.1 ^{aA}	6.7 ± 0.2 ^{aA}
	口感	6.5 ± 0.2 ^{aA}	6.4 ± 0.2 ^{aA}	6.5 ± 0.2 ^{aA}	6.5 ± 0.3 ^{aA}
	总体接受度	6.7 ± 0.1 ^{aA}	6.6 ± 0.2 ^{aA}	6.6 ± 0.4 ^{aA}	6.7 ± 0.3 ^{aA}
第3天	外观	5.5 ± 0.1 ^{bA}	6.1 ± 0.2 ^{aB}	6.2 ± 0.5 ^{bB}	5.9 ± 0.3 ^{bE}
	颜色	5.6 ± 0.2 ^{bA}	5.8 ± 0.3 ^{bB}	5.7 ± 0.2 ^{bB}	5.8 ± 0.3 ^{bB}
	气味	5.6 ± 0.4 ^{bA}	6.0 ± 0.2 ^{bB}	6.5 ± 0.3 ^{bD}	6.3 ± 0.3 ^{bE}
	口感	5.7 ± 0.2 ^{bA}	6.2 ± 0.4 ^{bB}	6.3 ± 0.3 ^{bB}	6.2 ± 0.3 ^{bB}
	总体接受度	5.6 ± 0.1 ^{bA}	5.9 ± 0.1 ^{bB}	6.0 ± 0.2 ^{bB}	5.9 ± 0.3 ^{bB}
第5天	外观	-	5.3 ± 0.4 ^{cB}	5.6 ± 0.1 ^{cD}	5.4 ± 0.2 ^{cB}
	颜色	-	4.2 ± 0.2 ^{cB}	4.8 ± 0.2 ^{cD}	4.5 ± 0.1 ^{cE}
	气味	-	4.8 ± 0.3 ^{cB}	5.5 ± 0.4 ^{cD}	5.2 ± 0.3 ^{cE}
	口感	-	4.6 ± 0.2 ^{cB}	5.2 ± 0.2 ^{cD}	5.0 ± 0.1 ^{cE}
	总体接受度	-	4.4 ± 0.1 ^{cB}	5.2 ± 0.1 ^{cD}	4.9 ± 0.2 ^{cE}

注 “-”表示低于最低可接受程度。不同小写字母表示不同时间相同指标之间存在差异 $P < 0.05$ 不同大写字母表示不同处理方式相同指标之间存在差异 $P < 0.05$ 。

2.8 不同保藏方式卤凤爪的电子鼻主成分分析

肉制品的气味和香味是消费者选择产品的重要指标,而这些味道的感知主要靠嗅觉。电子鼻作为一种分析、识别和检测这些气味的仪器被广泛应用于食品检测行业^[33]。图4中除新鲜的样品外,其余均为保藏第5天的卤凤爪样品,经SPSS主成分分析,第一

主成分贡献率为67.46%,前2个成分总贡献率为96.998%,说明第一主成分是影响卤凤爪风味的主要成分,电子鼻可以较好地4种不同保藏方式的卤凤爪区分开来,DI2与DI3与新鲜组的风味较相近,而DI0组、空白组差异较大,其中空白组差异最大,这也与感官品评小组给出的意见较为一致,DI2与DI3两组在风味上较大程度地保留了卤凤爪原有的香味,DI0组的风味已经不明显,空白组已经产生腐败的味道,可见,电子鼻可以用于卤凤爪新鲜程度的评价。

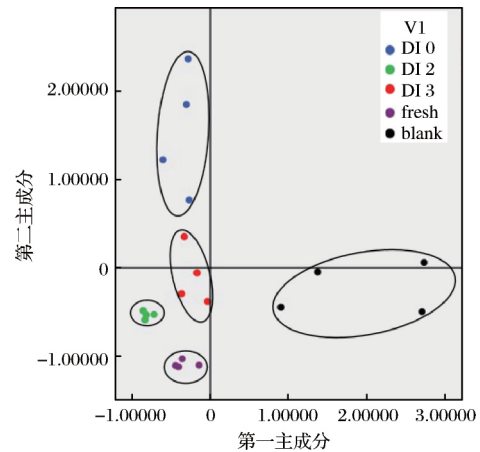


图4 不同储藏方式电子鼻主成分分析图

Fig. 4 Electronic nose principal component analysis chart of different storage methods

2.9 冷灼率的测定

由于干冰具有温度较低和易升华的特点,在接触卤凤爪时,会使凤爪产生冷灼现象,即凤爪表面产生一层白霜。但随着保藏时间的延长,这层“白霜”会消失。经试验测定,在包装中此“白霜”消失的时间为干冰加入后6~7 h,若将有“白霜”的卤凤爪取出置于空气中,约5~8 min“白霜”便会消失。且经感官测定,在5 d的保藏期内“白霜”不会对产品产生不良影响,不会影响卤凤爪的感官特性。

表5 卤凤爪储藏过程中冷灼率的变化 单位: %

Table 5 Changes in cold burning rate of sauced chicken claws during storage

时间/d	DI 0	DI 2	DI 3
0	10	10	10
1	0	0	0
2	0	20	0
3	0	0	10
4	0	10	0
5	0	0	0

3 结论

本实验证明,仅在第0天添加1次干冰(DI 0组),便可将卤凤爪的保藏期延长至3 d,而分别添加2次(DI 3组)和3次(DI 2组)干冰都可成功将卤凤爪的保藏期延长至5 d,且保持较好的风味和色泽。干冰的加入也显著地减缓了TBARS、pH以及TVB-N值的增加($P < 0.05$),表明干冰在防止脂肪氧化以及蛋白质降解方面也有一定的贡献。干冰组卤凤爪的色泽(a^* 、 b^* 、 L^* 值)也明显优于空白组($P < 0.05$)。综上可知,干冰可以用于散装卤凤爪的保鲜,而基于经济因素和产业升级的考虑,选择在第0天和第3天加入干冰即仅补加1次干冰(DI 3组)的方式,将散装卤凤爪的货架期延长至5 d,该方法可以重复添加干冰,不存在气调包装只能一次性应用的问题,且干冰升华后没有任何残留问题,不会对产品的安全性产生影响,是一种安全、方便、简单、高效的保鲜方式。同样,该方法也适用于其他散装酱卤肉制品,为散装酱卤肉制品行业的保鲜提供了一个简单高效的方法。

参 考 文 献

[1] 黄现青. 肉制品加工增值技术[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 2009: 17-20.
 [2] 李少华. 食品加工技术[M]. 武汉: 华中师范大学出版社, 2010: 29-35.

[3] 张玉凤,王颀. 市售熟肉制品微生物学检验结果分析[J]. 中国卫生产业, 2018, 15(1): 142-143.
 [4] 陈福明,葛升源. 低温酱卤肉制品保鲜与安全保障控制技术分析[J]. 现代农业科技, 2016(9): 299-300.
 [5] 蔡海剑. 酱卤肉制品常见问题[J]. 粮食流通技术, 2016, 5(9): 25-26.
 [6] YU Zhifeng, ZHAO Liqing, ZHENG Junjun, et al. The application of natural preservatives in meat products [J]. China Condiment, 2012, 37(3): 12-16.
 [7] ZHAI Yan, HUANG Jichao, KHAN I A, et al. Shelf-life of boiled salted duck meat stored under normal and modified atmosphere [J]. Journal of Food Science, 2018, 83(1): 147-152.
 [8] 黄艳梅, 邹延军. 复合保鲜剂延长酱卤肉制品货架期的研究[J]. 食品科技, 2016(7): 256-259.
 [9] 叶可萍, 刘佳, 刘梅, 等. 气调包装酱卤鸭翅贮藏过程中菌群结构分析[J]. 食品科学, 2015, 36(14): 201-205.
 [10] 章村人. 冷却出售的家禽胴体能否用干冰冷却[J]. 食品科学, 1981, 2(2): 48-49.
 [11] JEYASEKARAN G, GANESAN P, SHAKILA R J, et al. Dry ice as a novel chilling medium along with water ice for short-term preservation of fish Emperor breams, *Lethrinus miniatus* [J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2004, 5(4): 485-493.
 [12] 甘泉, 刘军昌, 赵宁. 干冰在低温肉制品中的应用[J]. 肉类工业, 2006(1): 3-4.
 [13] GB 4789.2—2016, 食品安全国家标准食品微生物学检验菌落总数测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
 [14] GB 4789.3—2016, 食品安全国家标准大肠菌群计数[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
 [15] GB 4789.1—2016, 食品安全国家标准总则[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
 [16] GB 2726—2016, 食品安全国家标准熟肉制品[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
 [17] GB 5099.228—2016, 食品安全国家标准食品中挥发性盐基氮测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
 [18] NAM K C, AHN D U. Use of antioxidants to reduce lipid oxidation and off-odor volatiles of irradiated pork homogenates and patties [J]. Meat Science, 2003, 63(1): 1-8.
 [19] GB 5009.237—2016, 食品安全国家标准食品 pH 值的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
 [20] KANATT S R, RAO M S, CHAWLA S P, et al. Effects of chitosan coating on shelf-life of ready-to-cook meat products during chilled storage [J]. LWT-Food Science and Technology, 2013, 53(1): 321-326.
 [21] 项丰娟, 宋琳琳, 白腾辉, 等. 气调保藏对糖醋咕咾肉保藏期的影响[J]. 食品工业科技, 2014, 35(8): 328-330.
 [22] 褚益可, 雷桥, 欧杰. 气调包装中气体浓度对牛肉保鲜的影响[J]. 食品与发酵工业, 2011, 37(4): 226-

- 232.
- [23] KHOSHAKHLAGH K , HAMDAMI N , SHAHEDI M , et al. Quality and microbial characteristics of part-baked Sangak bread packaged in modified atmosphere during storage [J]. *Journal of Cereal Science* , 2014 60(1) : 42 – 47.
- [24] CHOULIARA E , BADEKA A , SAVVAIDIS I , et al. Combined effect of irradiation and modified atmosphere packaging on shelf-life extension of chicken breast meat: microbiological , chemical and sensory changes [J]. *European Food Research & Technology* , 2008 , 226 (4) : 877 – 878.
- [25] 周德庆. 微生物学教程 [M]. 第三版. 北京: 高等教育出版社, 2011: 108 – 118.
- [26] 王天佑, 王玉娟, 秦文. 猪肉挥发性盐基氮值指标与其感官指标的差异研究 [J]. *食品工业科技*. 2007(12) : 124 – 126.
- [27] 夏延彬, 王燕. 食品化学 [M]. 第二版. 北京: 中国农业大学出版社, 2015: 222 – 234.
- [28] SUN Q , FAUTMAN C , SENEAL A , et al. Aldehyde reactivity with 2-thiobarbituric acid and TBARS in freeze-dried beef during accelerated storage [J]. *Meat Science* , 2001 57(1) : 55 – 60.
- [29] SIVARAJAN M , LALITHAPRIYA U , MARIAJENITA P , et al. Synergistic effect of spice extracts and modified atmospheric packaging towards non-thermal preservation of chicken meat under refrigerated storage [J]. *Poultry Science* , 2017 , 96(8) : 2 839 – 2 844.
- [30] 梁俊芳, 张保军. 冷却肉保鲜技术的研究 [J]. *农产品加工(学刊)* 2009(1) : 55 – 56.
- [31] LEYGOINE C , BRITZ T J , HOFFMAN L C. Protein and lipid oxidative stability of fresh ostrich M. Iliofibularis packaged under different modified atmospheric packaging conditions [J]. *Food Chemistry*. 2011 , 127(4) : 1 659 – 1 667.
- [32] RUBIO B , MARTÍNEZ B , GARCÍA-CACHÁN M A D , et al. Effect of the packaging method and the storage time on lipid oxidation and colour stability on dry fermented sausage salchichón manufactured with raw material with a high level of mono and polyunsaturated fatty acids [J]. *Meat Science* , 2008 80(4) : 1 182 – 1 187.
- [33] 任静, 孙方达, 程龙, 等. 电子鼻技术研究不同包装调理预制烤猪肉冷却贮藏过程中品质的变化 [J]. *肉类研究* , 2016 , 30(5) : 30 – 35.

Effects of dry-ice modified atmosphere packaging on shelf – life of sauced chicken claws in bulk

DIAO Xinyue¹ , NAN Jialian² , HUAN Yanjun^{1*} , MA Fei¹ , LIU Li¹

1(School of Food Science and Technology , Jiangnan University , Wuxi 214122 , China)

2(Weifang Engineering Vocational College , Qingzhou 262500 , China)

ABSTRACT In order to extend the shelf-life of sauced chicken claws in bulk , this study explored the effects of dry ice on the shelf-life of the claws. The dry ice was added on the 0th day , or on the 0th , 2nd and 4th day , or on the 0th and 3rd day. The total viable count , thiobarbituric acid reactive substances value (TBARS) , TVB-N , pH , chroma , sensory evaluation and electronic nose analysis were measured. The results showed that the shelf-life of the chicken claws could be extended to 3 d after adding dry ice on day 0 , and the shelf-life could be extended to 5 d by adding two or three times of dry ice , which was 3 d longer than that of the control. Moreover , the experimental groups had lower TBARS and TVB-N values and better color than control ($P < 0.05$) . Furthermore , the results of electronic nose were consistent with those of sensory groups , which showed that dry ice had good fresh-keeping effects. Therefore , it was concluded that dry ice can be used to prolong the shelf-life of sauced chicken claws in bulk , which provides a novel idea for preserving bulk sauced meat products.

Key words dry ice; bulk sauced chicken claws; preservation; shelf-life; quality