

基于单纯形-重心设计 优化气调包装冷鲜猪肉的气体比例

孔萍¹, 孙杰¹, 易阳^{1,2}, 侯温甫^{1,2}, 闵婷^{1,2}, 王宏勋^{1,2,*}
(1. 武汉轻工大学食品科学与工程学院, 湖北武汉 430023;
2. 湖北省生鲜食品工程技术研究中心, 湖北武汉 430023)

摘要:为优化冷鲜猪肉气调包装的气体比例,增强其保鲜效果,以菌落总数、挥发性盐基氮(TVB-N)值、pH和感官品质为指标,基于单纯形-重心设计考察O₂、CO₂和N₂的不同配比对冷鲜猪肉的品质维持作用。通过与托盘包装的对照组比较发现,适宜的气体配比能有效抑制冷鲜猪肉中微生物的生长、减少TVB-N的生成、保持产品的感官品质,且各指标两两之间均存在极显著的相关性($p < 0.01$)。以三种气体各自所占体积百分比为因素,筛选产品贮藏至第8 d和第10 d的菌落总数、TVB-N值及二者加权值为响应值,建立6套回归模型并分别优化得到6组气体配比方案。通过验证确定冷鲜猪肉气调保鲜的最佳气体比例为22% O₂和78% CO₂,在此条件下贮藏至第8 d的菌落总数和TVB-N值分别为5.85 lg(cfu/g)和14.00 mg/100 g,相对对照组可延长产品货架期达5 d。

关键词:冷鲜猪肉,气调,单纯形-重心设计

Optimization of gas mixture ratio of modified atmosphere packaging for chilled meat by simplex-centroid design

KONG Ping¹, Sun Jie¹, YI Yang^{1,2}, HOU Wen-fu^{1,2}, MIN Ting^{1,2}, WANG Hong-xun^{1,2,*}

(1. College of Food Science & Engineering, Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430023, China;
2. Engineering Research Center for Fresh Food in Hubei Province, Wuhan 430023, China)

Abstract: The gas mixture ratio of modified atmosphere packaging for chilled meat was optimized to strengthen preservation effects. Based on simplex-centroid design, total bacteria count, total volatile basic nitrogen (TVB-N) value, pH value and sensory score were used as indices to evaluate the effect of gas mixture ratio (O₂, CO₂ and N₂) on chilled meat. Compared with the control group of pallet packing, a fitting mixture of gas could obviously inhibit bacterial growth, reduce TVB-N production and maintain sensory quality. The indices showed significant correlations with each other ($p < 0.01$). Total bacteria count, TVB-N value and their weighted value measured at the 8th day and the 10th day were selected to establish six regression mathematical models with three factors including O₂ percentage, CO₂ percentage and N₂ percentage, followed by optimizing the gas mixture ratio independently. The optimum gas ratio was confirmed to be 22% O₂ and 78% CO₂ after comparative investigation on the preservation effects on chilled meat. Under this condition, the total bacteria count and TVB-N value of chilled meat kept at the 8th day was respectively 5.85 lg(cfu/g) and 14.00 mg/100 g, and the shelf life comparing with that of pallet packing was extended for 5 days.

Key words: chilled meat; modified atmosphere packaging; simplex-centroid design

中图分类号: TS251.5⁺1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2016)07-0310-06

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2016.07.051

气调包装(Modified atmosphere packaging, MAP)是一种高效、绿色、安全的保鲜技术,广泛应用于肉与肉制品的品质控制。O₂、CO₂和N₂是肉制品气调包装中常用的三种气体,各自发挥不同的功能。O₂能与冷鲜肉中紫色的肌红蛋白结合形成鲜红色的氧

合肌红蛋白,维持肉的鲜红色。高氧气调包装能提供较好的护色效果且抑制厌氧微生物的生长,但易导致肉制品的脂质氧化和蛋白氧化,并有可能促进需氧微生物的生长和酶促反应的加速^[1-2]。CO₂通过降低产品的pH、增加细胞膜的离子通透性以及抑制

收稿日期: 2015-09-17

作者简介: 孔萍(1991-),女,硕士研究生,研究方向:食品加工与安全, E-mail: pinkkp0808@163.com。

* 通讯作者: 王宏勋(1977-),男,博士,教授,研究方向:食品加工与安全, E-mail: wanghongxunhust@163.com。

基金项目: 湖北省科技支撑计划项目(2014BBB012; 2014BBA207)。

酶的活性来达到抑菌作用。Nagel 和 King^[3] 的研究表明 CO₂ 能干扰假单胞菌等腐败菌的新陈代谢,同时还影响微生物的酶法脱羧,对大多数需氧微生物和霉菌表现出显著的抑制作用。N₂ 作为填充气体能缓解 CO₂ 造成的包装塌陷,同时可以防止霉菌和寄生虫的生长、脂肪氧化酸败等^[4]。

已有的研究关于冷鲜猪肉气调包装最佳气体比例的研究结果各不相同:成培芳等^[5]认为气调包装混合气体比例为 50% O₂、40% CO₂、10% N₂ 时,可保持冷却猪肉良好的色泽和适宜的 pH;王永刚等^[6]优化冷鲜猪肉气调保鲜的最佳气体比例为 CO₂ 75%、O₂ 10%、N₂ 15%,可使其在 18 d 内保持二级鲜度;章建浩等^[7]研究发现 O₂ 和 CO₂ 显著影响冷鲜猪肉的 pH、细菌总数和大肠杆菌 MPN,适宜的气调气体配比为 70% O₂ 和 30% CO₂。研究结果的差异一方面在于评价指标的不同,另一方面受气体配比设计随机性强的影响。混料设计可通过较少的实验次数,利用回归分析得到较佳的配比^[8]。其中单纯形-重心设计作为混料配方设计中最基本的设计方案,在产品配方优化研究方面应用广泛^[9-11],但在冷鲜猪肉气调包装气体比例优化中的应用尚鲜见报道。

本文采用三因素单纯形-重心设计考察不同 O₂、CO₂ 和 N₂ 比例对冷鲜猪肉贮藏过程中菌落总数、挥发性盐基氮、pH 和感官品质的影响,进一步筛选响应值建立回归模型,优化并验证得到冷鲜猪肉气调保鲜的最佳气体比例。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

冷鲜猪里脊肉 湖北武汉市中百仓储常青花园店;平板计数琼脂(PCA) 山东青岛高科园海博科技生物技术有限公司;硼酸、氧化镁、氯化钠、乙醇、甲基红 国药集团化学试剂有限公司;溴甲酚绿 科密欧化学试剂有限公司。

BC-220SE 型海尔电冰柜 青岛海尔科技有限公司;SW-CJ-2FD 型单人单面净化工作台 苏州净化设备有限公司;DHP-9082 型电热恒温培养箱 上海一恒科学仪器有限公司;FSH-2A 型可调高速匀浆机 金坛市医疗仪器厂;手提式蒸汽不锈钢消毒器(灭菌锅) 上海三申医疗器械有限公司;CP214(C) 型电子天平 奥豪斯仪器(上海)有限公司;FD-Z1 型气调包装机 上海福帝包装机械有限公司;YP2002 型电子天平 上海菁海仪器有限公司;臭氧发生器 济南奥洋环保科技有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 混料实验设计 采用软件 SAS V8 混料设计中的单纯形-重心设计方法,以 O₂、CO₂ 和 N₂ 各自所占气体总体积百分比为实验因素,获得不同的气调配比组合,如表 1 所示。

1.2.2 冷鲜猪肉的气调保鲜工艺 提前清洗器具和操作台,并采用臭氧和紫外辐照对操作环境杀菌。将冷鲜猪里脊肉以约 100 g/块分割置于气调包装盒内,随机分为 8 组,每组 18 盒。各实验组参考表 1 气体比例进行气调包装,对照组采用保鲜膜进行简易

覆裹。将各组冷鲜肉立即置于 4 ℃ 冷藏,并间隔 2 d 分析检测冷鲜肉初始(0 d)至贮藏第 10 d 的品质指标。

表 1 单纯形-重心设计冷鲜猪肉气调包装的气体比例
Table 1 Gas mixture ratio of modified atmosphere packaging for chilled meat designed by simplex-centroid method

实验组	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	N ₂ (%)
1	100	0	0
2	0	0	100
3	0	100	0
4	50	0	50
5	50	50	0
6	0	50	50
7	33.33	33.33	33.33

1.2.3 分析方法 菌落总数测定:具体步骤参照 GB 4789.2-2010《食品微生物学检验菌落总数测定》进行^[12],检验结果以 lg cfu/g 表示。评价标准:菌落总数 ≤ 10⁴ cfu/g,新鲜肉;10⁴ cfu/g < 菌落总数 ≤ 10⁶ cfu/g,次鲜肉;菌落总数 > 10⁶ cfu/g,变质肉。

挥发性盐基氮(TVB-N 值)的测定:按 GB/T5009.44-2003《肉与肉制品卫生标准的分析方法》中的半微量定氮法进行测定^[13]。评价标准:TVB-N 值 ≤ 15 mg/100 g,一级鲜度;15 mg/100 g < TVB-N 值 ≤ 20 mg/100 g,二级鲜度;TVB-N 值 > 20 mg/100 g,变质肉。

pH 的测定,具体步骤参照 GB/T5009.44-2008《肉与肉制品 pH 测定》中方法进行^[14]。评价标准:一级鲜度 pH 为 5.8~6.2,二级鲜度 pH 为 6.3~6.6,变质肉 pH 为 6.7 以上。

感官评价:参考 GB2707-2005《鲜(冻)畜肉卫生标准》^[15],评定人员以冷鲜猪肉的色泽、气味、弹性、组织形态为指标进行感官评分,如表 2 所示。评价标准:感官评分 ≥ 80,一级鲜度;60 ≤ 感官评分 < 80,二级鲜度;感官评分 < 60,变质肉。

气调比例的优化:以 O₂(X₁)、CO₂(X₂)和 N₂(X₃)的体积百分比为实验因素,分别建立以第 8 d 菌落总数(Y₁)、第 8 d TVB-N 值(Y₂)、第 10 d 菌落总数(Y₃)、第 10 d TVB-N 值(Y₄)、第 8 d 加权值(Y₅)、第 10 d 加权值(Y₆)为考察指标的回归模型,其中, Y₅ = (0.5Y_{1i}/(Y₁ + 0.5Y_{2j}/(Y₂) × 100, Y₆ = (0.5Y_{3i}/(Y₃ + 0.5Y_{4j}/(Y₄) × 100。

式中:0.5-为菌落总数和 TVB-N 值的权重;Y_{1i}-为 i 组第 8 d 的菌落总数;(Y₁-为 1~7 组在第 8 d 的菌落总数总平均值;Y_{2j}-为 j 组第 8 d 的 TVB-N;(Y₂-为 1~7 组在第 8 d 的 TVB-N 总平均值;Y_{3i}-为 i 组第 10 d 的菌落总数;(Y₃-为 1~7 组在第 10 d 时的菌落总数总平均值;Y_{4j}-为 j 组第 10 d 时的 TVB-N;(Y₄-为 1~7 组在第 10 d 的 TVB-N 总平均值。

1.3 数据处理与统计分析

采用 SAS V8 软件(SAS 公司)进行单纯形-重心设计和数据分析,通过 PROC NLP 程序分析响应值取极小值时的因素水平。采用 SPSS19 软件(IBM 公

表2 冷鲜猪肉的感官评分标准

Table 2 Standard of sensory evaluation for chilled meat

项目	分值(分)	评分标准
颜色光泽	25	鲜红、有光泽且均匀为21~25分;棕红、光泽稍淡且均匀16~20分;微红、光泽暗淡为11~15分
气味	25	猪肉正常气味为21~25分;有轻微的氨味为16~20分;有严重的腐败味道为11~15分
弹性	25	紧密且富有弹性、按压后会立即复原得分为21~25分;较柔软、弹性小、按压后不能完全复原16~20分;失去原有弹性、按压后不能复原且可能刺穿11~15分
组织状态	25	光滑细腻、平整、紧实,无汁液渗出为21~25分,较光滑细腻、较平整,稍有汁液渗出为16~20分;松散、粗糙、紧实性差,有汁液渗出为11~15分
总分	100	

表3 不同气体比例对冷鲜猪肉菌落总数变化的影响(lg cfu/g)

Table 3 Effect of different gas mixture ratio on the change of total bacteria count of chilled meat (lg cfu/g)

组别	0 d	2 d	4 d	6 d	8 d	10 d
1	5.49 ± 0.06	5.38 ± 0.08 ^a	5.79 ± 0.13 ^{c**}	6.91 ± 0.01 ^{c**}	7.39 ± 0.02 ^{e**}	7.86 ± 0.06 ^{ab**}
2	5.49 ± 0.06	5.74 ± 0.04 ^{c**}	5.80 ± 0.04 ^{c**}	6.73 ± 0.04 ^{b**}	7.72 ± 0.05 ^{f**}	8.19 ± 0.03 ^{b**}
3	5.49 ± 0.06	5.56 ± 0.01 ^b	5.47 ± 0.03 ^a	5.58 ± 0.07 ^a	5.88 ± 0.04 ^b	6.78 ± 0.58 ^{ab**}
4	5.49 ± 0.06	5.57 ± 0.03 ^b	5.60 ± 0.02 ^b	5.64 ± 0.20 ^a	6.66 ± 0.09 ^{d**}	7.01 ± 0.59 ^{ab**}
5	5.49 ± 0.06	5.57 ± 0.08 ^b	5.63 ± 0.08 ^b	5.71 ± 0.08 ^a	5.38 ± 0.06 ^a	6.91 ± 0.61 ^{ab**}
6	5.49 ± 0.06	5.42 ± 0.06 ^a	5.42 ± 0.02 ^a	5.74 ± 0.08 ^a	6.06 ± 0.03 ^c	7.22 ± 1.19 ^{ab*}
7	5.49 ± 0.06	5.78 ± 0.04 ^{c**}	5.60 ± 0.10 ^b	5.81 ± 0.06 ^{a**}	6.14 ± 0.02 ^{c**}	6.43 ± 0.05 ^{a**}
对照	5.49 ± 0.06	5.97 ± 0.04 ^{d**}	5.91 ± 0.05 ^{c**}	7.76 ± 0.07 ^{d**}	8.11 ± 0.08 ^{e**}	8.28 ± 0.04 ^{b**}

注:不同小写英文字母表示同一贮藏期时组间菌落总数存在显著性差异($p < 0.05$); * ($p < 0.05$)和** ($p < 0.01$)表示同组内不同贮藏时间的菌落总数显著高于初始值(0 d)。

表4 不同气体比例对冷鲜猪肉TVB-N值的影响(mg/100 g)

Table 4 Effect of different gas mixture ratio on the change of TVB-N of chilled meat (mg/100 g)

组别	0 d	2 d	4 d	6 d	8 d	10 d
1	5.65 ± 0.58	6.81 ± 0.58 ^a	9.43 ± 0.65 ^{a**}	12.88 ± 1.75 ^{b**}	14.56 ± 0.84 ^{b**}	16.80 ± 0.48 ^{b**}
2	5.65 ± 0.58	5.88 ± 0.28 ^a	10.92 ± 0.97 ^{ab**}	12.97 ± 0.98 ^{b**}	13.91 ± 0.70 ^{b**}	14.28 ± 0.56 ^{a**}
3	5.65 ± 0.58	8.96 ± 0.74 ^{b**}	10.37 ± 0.70 ^{ab**}	11.20 ± 1.12 ^{a**}	10.83 ± 1.13 ^{a**}	14.19 ± 0.43 ^{a**}
4	5.65 ± 0.58	9.61 ± 0.32 ^{b**}	14.00 ± 0.28 ^{c**}	13.25 ± 1.32 ^{b**}	16.91 ± 1.26 ^{c**}	17.17 ± 0.81 ^{b**}
5	5.65 ± 0.58	8.96 ± 0.74 ^{b**}	11.48 ± 0.56 ^{ab**}	12.69 ± 1.06 ^{b**}	13.53 ± 0.32 ^{b**}	14.19 ± 1.06 ^{a**}
6	5.65 ± 0.58	9.24 ± 0.56 ^{b*}	11.97 ± 1.17 ^{b**}	12.07 ± 1.13 ^{a**}	12.97 ± 1.29 ^{b**}	15.59 ± 0.86 ^{ab**}
7	5.65 ± 0.58	10.17 ± 1.54 ^{b**}	10.08 ± 1.22 ^{ab**}	11.29 ± 0.16 ^{a**}	17.74 ± 1.45 ^{c**}	16.61 ± 0.98 ^{b**}
对照	5.65 ± 0.58	10.83 ± 1.52 ^{b**}	13.53 ± 0.86 ^{c**}	15.59 ± 1.62 ^{c**}	20.07 ± 0.86 ^{d**}	25.57 ± 0.98 ^{c**}

注:不同小写英文字母表示同一贮藏期时组间挥发性盐基氮值存在显著性差异($p < 0.05$); * ($p < 0.05$)和** ($p < 0.01$)表示同组内不同贮藏时间的挥发性盐基氮值显著高于初始值(0 d)。

司)进行单因素方差分析和 Pearson 相关性检验,组间数据的显著性差异采用 S-N-K 检验,显著性水平为 0.05。

2 结果与讨论

2.1 不同气体比例对冷鲜猪肉菌落总数变化的影响

如表3所示,各组冷鲜猪肉的菌落总数随着时间的延长均呈上升趋势,但不同气体比例下的微生物生长表现明显不同。在2~10 d的贮藏期内,对照组的菌落总数明显高于其他组,其第6 d的菌落总数已超过 10^7 cfu/g,说明此时冷鲜猪肉已变质。各实验组在第2、6、8 d的菌落总数均显著低于对照组($p < 0.05$)。其中组3和组5的冷鲜猪肉在第8 d仍保持次鲜肉的菌落总数标准。组3和组5表现出较强的抑菌作用,其菌落总数在第10 d才发生显著增加

($p < 0.05$)。高浓度的 CO_2 对细菌具有较强的抑制作用,与段静芸^[16]报道的 CO_2 含量越高,对细菌的抑制作用越强的研究结果相似。适量 O_2 可抑制厌氧菌的生长繁殖,但随着氧气的增加会降低 CO_2 对微生物的抑制作用。

2.2 不同气体比例对冷鲜猪肉挥发性盐基氮变化的影响

TVB-N值是反映冷鲜猪肉新鲜度的指标,随着贮藏期的延长其逐渐增大,如表4所示。对照组在贮藏期间始终保持较高的TVB-N值,并在第10 d时显著高于其他所有实验组($p < 0.05$),且根据TVB-N值界定为变质肉。贮藏至第4 d时,所有实验组的TVB-N均显著高于其初始值($p < 0.05$)。贮藏至第10 d时,组2、3、5的TVB-N值仍处于一级鲜度范

表5 不同气体比例对冷鲜猪肉 pH 变化的影响

Table 5 Effect of different gas mixture ratio on the change of pH of chilled meat

组别	0 d	2 d	4 d	6 d	8 d	10 d
1	5.66 ± 0.05	6.01 ± 0.11 ^{b*}	5.97 ± 0.03 ^{a*}	6.28 ± 0.02 ^{b***}	6.44 ± 0.16 ^{ab***}	6.79 ± 0.16 ^{ab***}
2	5.66 ± 0.05	5.68 ± 0.03 ^a	6.39 ± 0.11 ^{d***}	6.20 ± 0.05 ^{a***}	6.59 ± 0.22 ^{b***}	6.41 ± 0.06 ^{a***}
3	5.66 ± 0.05	5.80 ± 0.07 ^{a**}	6.14 ± 0.02 ^{b***}	6.38 ± 0.05 ^{c**}	6.18 ± 0.02 ^{a***}	6.41 ± 0.09 ^{a***}
4	5.66 ± 0.05	5.68 ± 0.02 ^a	6.18 ± 0.07 ^{b***}	6.23 ± 0.05 ^{ab***}	6.67 ± 0.04 ^{b***}	6.85 ± 0.13 ^{ab***}
5	5.66 ± 0.05	5.70 ± 0.04 ^a	6.15 ± 0.01 ^{b***}	6.47 ± 0.01 ^{c**}	6.39 ± 0.02 ^{ab**}	6.47 ± 0.04 ^{a**}
6	5.66 ± 0.05	5.76 ± 0.03 ^a	6.31 ± 0.04 ^{cd***}	6.30 ± 0.03 ^{b***}	6.42 ± 0.06 ^{ab**}	6.66 ± 0.16 ^{ab**}
7	5.66 ± 0.05	5.95 ± 0.06 ^{b*}	6.25 ± 0.02 ^{bc***}	6.46 ± 0.02 ^{d**}	6.46 ± 0.18 ^{ab**}	6.68 ± 0.26 ^{ab**}
对照	5.66 ± 0.05	5.67 ± 0.02 ^a	6.48 ± 0.02 ^{c**}	6.74 ± 0.05 ^{f**}	6.43 ± 0.26 ^{ab**}	6.95 ± 0.27 ^{b**}

注:不同小写英文字母表示同一贮藏期时组间 pH 存在显著性差异($p < 0.05$); * ($p < 0.05$) 和 ** ($p < 0.01$) 表示同组内不同贮藏时间的 pH 显著高于初始值(0 d)。

表6 不同气体比例条件下冷鲜猪肉感官评分

Table 6 Effect of different gas mixture ratio on the change of sensory evaluation of chilled meat

组别	0 d	2 d	4 d	6 d	8 d	10 d
1	100	93 ± 1.15 ^b	90 ± 1.15 ^c	80 ± 1.00 ^{b***}	72 ± 1.15 ^{d**}	60 ± 1.00 ^{d**}
2	100	94 ± 0.58 ^{cd}	87 ± 0.58 ^{b***}	75 ± 1.15 ^{a**}	68 ± 0.58 ^{b**}	61 ± 0.58 ^{d**}
3	100	94 ± 0.58 ^{bc}	89 ± 1.15 ^{c**}	89 ± 0.00 ^{d**}	78 ± 0.58 ^{c**}	61 ± 1.00 ^{d**}
4	100	95 ± 0.00 ^{cd}	91 ± 1.15 ^{c**}	89 ± 0.58 ^{d**}	72 ± 0.58 ^{d**}	61 ± 0.58 ^{d**}
5	100	96 ± 0.58 ^e	92 ± 0.58 ^{c**}	88 ± 1.15 ^{d**}	72 ± 1.00 ^{d**}	59 ± 0.58 ^{d**}
6	100	96 ± 0.58 ^{de}	91 ± 1.00 ^{c**}	88 ± 0.58 ^{d**}	73 ± 0.58 ^{d**}	58 ± 0.00 ^{c**}
7	100	93 ± 0.58 ^b	86 ± 1.15 ^{b***}	83 ± 0.58 ^{c**}	70 ± 0.58 ^{c**}	56 ± 1.00 ^{b**}
对照	100	91 ± 0.58 ^a	84 ± 0.58 ^{a**}	74 ± 0.00 ^{a**}	62 ± 0.58 ^{a**}	54 ± 0.58 ^{a**}

注:不同小写英文字母表示同一贮藏期时组间感官评分存在显著性差异($p < 0.05$); * ($p < 0.05$) 和 ** ($p < 0.01$) 表示感官评分显著高于同组第 2 d 的感官评分。

围,而其余实验组为二级鲜度。高氧气浓度,会促进肉制品中假单胞菌和肠杆菌科菌的繁殖,从而分解蛋白质产生有异味的含硫化合物、胺类等,使 TVB-N 值升高^[17]。而本研究中,高氧浓度贮藏初期表现出较强的 TVB-N 生成抑制作用。

2.3 不同气体比例对冷鲜猪肉 pH 变化的影响

不同气体比例对冷鲜猪肉贮藏期间 pH 的影响由表 5 可见,对照组的 pH 在第 4 d 和第 6 d 均显著高于各实验组($p < 0.05$)。各实验组 pH 均随贮藏时间的延长而增加,且在第 4 d 时均显著高于初始值($p < 0.05$)。而各组之间的变化差异并无规律可循。冷鲜猪肉贮藏期间的 pH 变化可能主要受两方面因素的影响:产乳酸的微生物生长繁殖导致的 pH 降低,以及产生胺类物质的微生物生长繁殖导致的 pH 增大^[18]。

2.4 不同气体比例对冷鲜猪肉感官品质变化的影响

冷鲜猪肉的感官评价主要关注其颜色、气味、组织状态等方面的变化,如气味恶化和表面发粘,设定冷鲜猪肉初始感官评分为 100。由表 6 可见,各组冷鲜肉的感官评分随着贮藏时间的延长逐渐下降,其中对照组的感官评分至第 2 d 起便显著低于其他实验组($p < 0.05$)。对照组在第 4 d 时有明显异臭气味,而组 3 在贮藏期间始终保持有良好的鲜红色泽,且其第 8 d 的感官评分显著高于其他实验组($p < 0.05$)。

2.5 气调包装冷鲜猪肉品质指标的相关性

由气调包装冷鲜猪肉品质指标的 Pearson 相关性分析可见(表 7),菌落总数、TVB-N 值、pH 和感官评分两两之间均存在极显著的相关性($p < 0.01$)。微生物的生长繁殖是致使冷鲜猪肉品质下降的重要诱因,造成 TVB-N 值和 pH 的增加及感官品质的降低。

表7 气调包装冷鲜猪肉品质指标的 Pearson 相关性

Table 7 Pearson correlation of quality index of modified atmosphere packaging for chilled meat designed

指标	菌落总数	TVB-N 值	pH	感官评分
菌落总数	1			
TVB-N 值	0.746 ^{**}	1		
pH	0.642 ^{**}	0.819 ^{**}	1	
感官评分	-0.820 ^{**}	-0.825 ^{**}	-0.803 ^{**}	1

注:**表示在 0.01 水平(双侧)上显著相关。

2.6 气调包装冷鲜猪肉气体比例的优化及验证

第 8 d 和第 10 d 的实验结果归纳如表 8 所示。通过对 Y_1 至 Y_6 组回归模型进行分析,并解析响应值为极小值时的因素水平,得到 6 组最佳的气体配比,如表 9 所示。按表 9 中优化气体比例进行比较验证,其结果见图 1 和图 2。因前期组 6 的气体比例对冷鲜猪肉品质维持效果较好,故选作阳性对照。

由图 1 知,在贮藏期间,各组的菌落总数随着时间的延长呈上升趋势。对照组在第 8 d 与实验组 3'、4'、5'组的菌落总数值差异不显著($p > 0.05$),但到第 10 d 时均显著高于各实验组($p < 0.05$)。实验组 6'

表8 单纯形-重心设计实验结果

Table 8 The test result of simplex-centroid mixture design

组别	Y_1 (lg cfu/g)	Y_2 (mg/100 g)	Y_3 (lg cfu/g)	Y_4 (mg/100 mg)	Y_5 (%)	Y_6 (%)
1	7.39	14.56	7.86	14.56	106.04	108.63
2	7.72	13.91	8.19	13.91	106.36	102.79
3	5.88	10.83	6.78	10.83	81.84	92.72
4	6.66	20.91	7.01	20.91	121.63	103.92
5	5.38	13.53	5.38	13.53	87.05	93.61
6	6.06	12.97	6.06	12.97	90.42	100.25
7	6.14	17.64	6.14	17.64	106.66	98.08

表9 回归模型及优化气体比例结果

Table 9 Regression model and optimization compound result

组别	响应值	回归模型方程	R^2	预测值	优化气体比例		
					O_2	CO_2	N_2
1'	Y_1	$Y_1 = 7.36X_1 + 7.69X_2 + 5.85X_3 - 5.4X_1X_2 - 4.44X_1X_3$	0.9738	5.37	33	67	0
2'	Y_2	$Y_2 = 14.50X_1 + 13.84X_2 + 10.76X_3 - 3.76X_1X_2 + 35.44X_2X_3 + 4.64X_1X_3$	0.9920	13.20	41	59	0
3'	Y_3	$Y_3 = 7.89X_1 + 8.22X_2 + 6.81X_3 - 3.82X_1X_2 - 2.24X_1X_3 - 2.48X_2X_3$	0.9516	6.59	22	60	18
4'	Y_4	$Y_4 = 16.75X_1 + 14.23X_2 + 14.13X_3 + 1.25X_1X_2 + 12.82X_2X_3 - 4.16X_1X_3$	0.9650	13.99	19	81	0
5'	Y_5	$Y_5 = 105.6X_1 + 105.92X_2 + 81.4X_3 - 54.37X_1X_2 + 118.89X_2X_3 - 18.79X_1X_3$	0.9785	81.40	0	100	0
6'	Y_6	$Y_6 = 108.66X_1 + 102.82X_2 + 92.76X_3 - 22.48X_1X_2 + 24.01X_2X_3 - 28.91X_1X_3$	0.9994	91.29	22	78	0

和6在冷藏期间菌落总数较低,第10d时菌落总数分别为6.08 lg cfu/g和5.79 lg cfu/g。

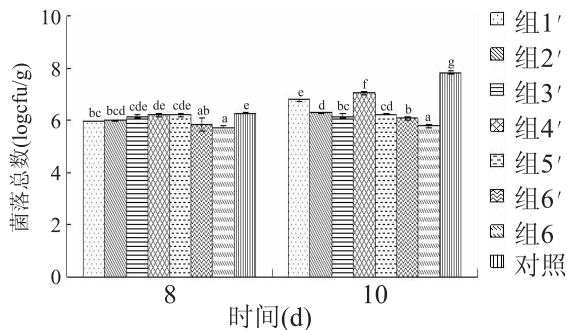


图1 不同气体比例对冷鲜猪肉菌落总数值的影响

Fig.1 Effect of different gas mixture ratio

on the change of total bacteria count of chilled meat

注:不同小写英文字母表示同一时间组间

菌落总数存在显著性差异($p < 0.05$)。

由图2知,在贮藏期间,各组的TVB-N值随着时间的延长呈上升趋势。对照组在第8d时与实验组4'、6'、6的TVB-N值差异不显著($p > 0.05$),但到第10d时与各组的TVB-N值均呈显著差异($p < 0.05$)。实验组6'和2'在冷藏期间TVB-N值保持在较低范围内,第10d的TVB-N值分别为15.12、17.45 mg/100 g。经过验证实验最终确定冷鲜猪肉气调包装的最优气体比例为22% O_2 和78% CO_2 (组6')。

3 结论

采用单纯形-重心设计考察不同气体比例的气调保鲜对冷鲜猪肉品质的影响,通过与对照组比较发现,适宜的气体配比能有效抑制微生物的生长、减少挥发性盐基氮的生成、提高成品的感官品质。进一步筛选

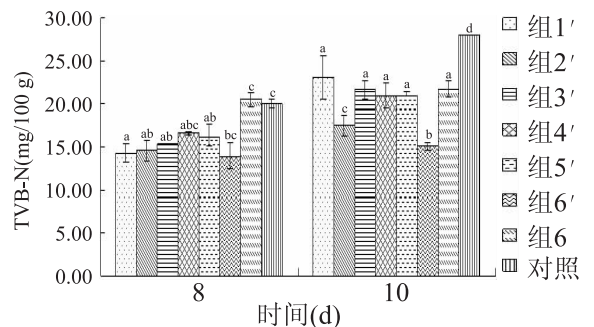


图2 不同气体比例对冷鲜猪肉TVB-N值的影响

Fig.2 Effect of different gas mixture ratio

on the change of TVB-N of chilled meat

注:不同小写英文字母表示同一时间组间挥发性盐基氮值存在显著性差异($p < 0.05$)。

贮藏至第8d和第10d的菌落总数、TVB-N及二者加权值建立6个回归模型,优化并验证得到冷鲜猪肉的最优气调比例为22% O_2 和78% CO_2 ,在此条件下,气调包装冷鲜猪肉贮藏至第8d的菌落总数和TVB-N值分别为5.85 lg cfu/g和14.00 mg/100 g,相比对照组可延长产品货架期达5d。

参考文献

- [1] Gill C.O. Extending the Shelf Life of Raw Chilled Meats [J]. Meat Science, 1996, (1): 99-109.
- [2] Jakobsen M, Bertelen G. Colour stability and lipid oxidation of fresh beef. Development of a response surface model for predicting the effects of temperature, storage time, and modified atmosphere composition [J]. Meat Science, 2000, 54(1): 49-57.
- [3] James M.J. Modern Food Microbiology [M]. 北京轻工业出版社, 2001, 46-49.
- [4] 王燕荣, 李代明. 冷却肉包装技术的研究 [J]. 包装世界,

2006, 1:58-60.

[5] 成培芳, 王雯洁, 任文明. 气调比例对冷却鲜猪肉贮藏品质影响的研究[J]. 肉类工业, 2010, 10:19-25.

[6] 王永刚, 施洋. 气调保鲜对猪肉保鲜效果研究[J]. 畜牧与饲料科学, 2010, 31(10):81-83.

[7] 章建浩, 秦芸桦, 陈学兰, 等. 超市生鲜猪肉高氧 MAP 气调保鲜包装研究[J]. 食品科学, 2005, 26(7):234-238.

[8] 李云雁, 胡传荣. 实验设计与数据处理[M]. 化学工业出版社, 2008, 203-210.

[9] 吴再兴, 陈玉和, 李能, 等. 应用混料设计优化水性膨胀型阻燃涂料配方[J]. 中南林业科技大学学报, 2013, 33(12):170-174.

[10] Karaman, Yilmazm, Kayacier A. Simplex lattice mixture design approach on the rheological behavior of glucomannan based salep-honey drink mixtures; an optimization study based on the sensory properties [J]. Food Hydrocolloids, 2011, 25(5):1319-1326.

[11] 吴丹, 章振武, 张爱群, 等. 基于混料回归设计的柳橙、草

(上接第 292 页)

偏低, 酸樱桃以绿原酸、芥子酸、表儿茶素、咖啡酸、对香豆酸为主。

3 结论

本文以拉宾斯(Lapins)鲜樱桃冻干粉为原料, 经过对样品前处理方法、固相萃取条件以及色谱条件的优化, 使用高效液相色谱建立了樱桃多酚物质的检测方法, 同时对市场流通中常见的樱桃品种进行了定性定量分析。经过对前处理条件的优化, 确定提取溶剂为 60% 甲醇-2% 甲酸, HLB 固相萃取小柱的淋洗液为 10% 甲醇-0.1% 甲酸、洗脱液为乙腈-5% 甲酸, 此条件下多酚回收率在 70% 以上。当柱温为 40℃、流动相为 2% 甲酸水溶液和乙腈时多酚物质峰分离度较好。不同樱桃品种所含酚类物质大致相同, 共检出 6~8 种多酚, 包括香草酸、香豆酸、儿茶素、表儿茶素、芦丁、对香豆酸等, 但在含量上有所差异, 在 0.37~240.62(mg/kg 干重)之间。

参考文献

[1] Ballistreri G, Continella A, Gentile A, et al. Fruit quality and bioactive compounds relevant to human health of sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars grown in Italy [J]. Food Chemistry, 2013, 140:630-638.

[2] Usenik V, Fajt N, Mikulic-Petkovse M, et al. Sweet cherry pomological and biochemical characteristics influenced by rootstock [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2010, 58:4928-4933.

[3] Naczki M., Shahidi F. Phenolics in cereals, fruits and vegetables: Occurrence, extraction and analysis [J]. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 2006, 41(5):1523-1542.

[4] Serra AT, Duarte RO, Bronze MR, et al. Identification of bioactive response in traditional cherries from Portugal [J]. Food Chemistry, 2011, 125:318-325.

[5] Usenik V, Fabcic J, Stampar F. Sugars, organic acids, phenolic

莓果味饮料配方设计及优化 [J]. 食品工业科技, 2014, 21:202-206.

[12] 中华人民共和国国家技术监督局, GB4789.2-2010, 食品卫生微生物学检验菌落总数测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.

[13] 中华人民共和国国家技术监督局, GB/T5009.44-2003, 肉与肉制品的卫生标准的分析方法 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.

[14] 中华人民共和国国家技术监督局, GB/T9659.5-2008, 肉与肉制品 pH 测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.

[15] 中华人民共和国国家技术监督局. GB2707-2005, 鲜(冻)畜肉卫生标准 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.

[16] 段静芸, 徐幸莲, 周光宏. 壳聚糖和气调包装在冷却肉保鲜中的应用 [J]. 食品科学, 2002, 23(2):138-141.

[17] 白焯明, 张占超. 乳酸在肉类工业中的应用 [J]. 肉类工业, 1998, 10:20-23.

[18] 魏明. 生鲜冷却猪肉高氧气调包装保鲜研究 [D]. 河南科技大学, 2007.

composition and antioxidant activity of sweet cherry (*Prunus avium* L.) [J]. Food Chemistry, 2008, 107:185-192.

[6] Kang SY, Seeram NP, Nair MG, et al. Tart cherry anthocyanins inhibit tumor development in ApcMin mice and reduce proliferation of human colon cancer cells [J]. Cancer Letters, 2003, 194:13-19.

[7] Kim DO, Heo HJ, Kim YJ, et al. Sweet and sour cherry phenolics and their protective effects on neuronal cells [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2005, 53:9921-9927.

[8] 王贤萍, 段泽敏, 戴桂林, 等. 甜樱桃主要栽培品种多酚含量的测定与品质分析 [J]. 中国农学通报, 2011, 13:173-176.

WANG Xian-ping, DUAN Ze-min, DAI Gui-lin. Polyphenol Quantitative Analysis and Quality Evaluated in Fruit of Sweet Cherry Cultivars [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2011, 13:173-176.

[9] Liu Y, Liu X, Zhong F, et al. Comparative study of phenolic compounds and antioxidant activity in different species of cherries [J]. Journal of Food Science, 2011, 76:633-638.

[10] Usenik V, Fabcic J, Stampar F. Sugars, organic acids, phenolic composition and antioxidant activity of sweet cherry (*Prunus avium* L.) [J]. Food Chemistry, 2008, 107:185-192.

[11] Singleton VL, Rossi JA. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents [J]. American Journal of Enology and Viticulture, 1965, 16:144-158.

[12] Sójka M, Kołodziejczyk K, Milala J, et al. Composition and properties of the polyphenolic extracts obtained from industrial plum pomaces [J]. Journal of functional foods, 2015, 12:168-178.

[13] 刘红, 曾建勇, 温贤有, 等. 固相萃取技术及其影响因素 [J]. 现代农业科技, 2010, 11:351-354.

[14] Múlek M., Högger P. Highly sensitive analysis of polyphenols and their metabolites in human blood cells using dispersive SPE extraction and LC-MS/MS [J]. Anal Bioanal Chemistry, 2015, 407:1885-1899.