



食品科学

Food Science

ISSN 1002-6630, CN 11-2206/TS

《食品科学》网络首发论文

题目：直接减盐法对哈尔滨红肠贮藏期间品质特征的影响
作者：胡越，刘昊天，夏秀芳，陈倩，孔保华
网络首发日期：2022-06-22
引用格式：胡越，刘昊天，夏秀芳，陈倩，孔保华. 直接减盐法对哈尔滨红肠贮藏期间品质特征的影响[J/OL]. 食品科学.
<https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2206.TS.20220621.1918.082.html>



网络首发：在编辑部工作流程中，稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定，且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式（包括网络呈现版式）排版后的稿件，可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定；学术研究成果具有创新性、科学性和先进性，符合编辑部对刊文的录用要求，不存在学术不端行为及其他侵权行为；稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准，正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性，录用定稿一经发布，不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容，只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认：纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊（光盘版）》电子杂志社有限公司签约，在《中国学术期刊（网络版）》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版，以单篇或整期出版形式，在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊（网络版）》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物（ISSN 2096-4188，CN 11-6037/Z），所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

直接减盐法对哈尔滨红肠贮藏期间品质特征的影响

胡越, 刘昊天, 夏秀芳, 陈倩, 孔保华*

(东北农业大学食品学院, 黑龙江省 哈尔滨市 150030)

摘要: 探究不同食盐添加量 (3.00%、2.75%、2.50%、2.25% 和 2.00%) 对哈尔滨红肠品质特征以及贮藏特性的影响。结果表明随食盐添加量的减少, 哈尔滨红肠的 pH 值、水分含量和硫代巴比妥酸 (Thiobarbituric acid reactive substances, TBARS) 值逐渐增加, a^* 值略有降低, b^* 值略有升高, 但没有显著性差异 ($P > 0.05$)。在贮藏末期 (第 35 d), 食盐添加量为 3.00% 处理组 L^* 值显著低于 2.00% 处理组 ($P < 0.05$)。此外, 在整个贮藏期间, 高盐浓度处理组 (3.00%、2.75% 和 2.50%) 的硬度和致密性相对较高, 菌落总数较低。电子舌的结果显示, 随食盐添加量的减少, 哈尔滨红肠咸味、鲜味和回味 B (苦回味) 减少而酸味增加。同时与 2.00% 处理组相比, 2.50% 和 3.00% 处理组气味特征更加相似。感官评价结果表明, 2.50% 处理组咸味适中总体可接受性得分最高。

关键词: 哈尔滨红肠; 直接减盐法; 品质特性; 贮藏特性

Effects of direct salt reduction on the quality characteristics of Harbin red sausage during storage

HU Yue, LIU Haotian, XIA Xiufang, CHEN Qian, KONG Baohua*

(College of Food Science, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: The effects of different salt additions (3.00%, 2.75%, 2.50%, 2.25% and 2.00%) on the quality and storage characteristics of Harbin red sausages were investigated. The results showed that with the decrease of salt addition, the pH, moisture content and thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) values of Harbin red sausages gradually increased, a^* value decreased and b^* value increased, but there was no significant difference ($P > 0.05$). At the end of storage (35 d), the L^* value of 3.00% treatment was significantly lower than that of 2.00% treatment ($P < 0.05$). In addition, the high salt concentration treatments (3.00%, 2.75% and 2.50%) showed higher hardness and tightness while lower total viable count throughout the storage period. The results of electronic tongue showed that the saltiness, umami and aftertaste B (aftertaste bitterness) of Harbin red sausage decreased while the sourness increased with the decrease of salt addition. Compared with 2.00% treatment, the odour characteristic of 2.50% and 3.00% was more similar. The sensory evaluation results showed that the 2.50% treatment had moderate saltiness and had the highest overall acceptability score among all the samples.

Keywords: Harbin red sausage; direct salt reduction; quality characteristics; storage characteristics

中图分类号: TS251.1

文献标志码: A

DOI: 10.7506/spkx1002-6630-20220423-302

基金项目: 黑龙江省“百千万”工程重大科技专项(2019ZX07B03, 2020ZX07B72)

第一作者简介: 胡越(1995-), (ORCID: 0000-0002-1843-9674), 女, 硕士研究生, 研究方向: 畜产品加工。E-mail: huyueneau@163.com

通讯作者: 孔保华(1963-), (ORCID: 0000-0003-3160-8679), 女, 教授, 博士生导师, 研究方向: 畜产品加工。E-mail: kongbh@163.com

哈尔滨红肠,原产于立陶宛,在19世纪由俄罗斯传入我国哈尔滨并逐渐发展起来,成品表面通体成枣红色,因此被称作哈尔滨红肠。哈尔滨红肠是我国北方常见的低温灌肠类肉制品,由于其具有独特的香气和滋味而深受人们的喜爱。在哈尔滨红肠的制作过程中,中心温度要始终保持在68~75℃的区间内,这可以在最大程度上保留原料肉的营养成分和固有风味。目前哈尔滨红肠广泛销售于全国各个区域,是人们餐桌上常见的美食。但美中不足的是在通常情况下,哈尔滨红肠的食盐添加量较高(占原料肉质量的3%,w/w),并且在夏季为了延长产品的货架期,有些企业生产的红肠的食盐添加量甚至还会达到3.5%。

肉制品中食盐的添加不仅可以促进挥发性香气化合物从食物基质中释放保证产品风味,同时还可以修饰咸味刺激食欲^[1]、维持细胞外液的渗透压^[2],保证产品的保水保油性^[3]、良好的质构特性以及贮藏稳定性^[4],在肉制品的加工过程中起到重要的作用。然而多项研究表明,高钠盐的饮食结构往往会增加肾脏的负担,促进高血压和心脑血管等疾病的发生,同时也容易促进肥胖,阻碍呼吸功能,威胁人体健康^[5-8]。2012年,世界卫生组织(World health organization,WHO)建议成年人的钠摄入量应低于2g每天(换算为食盐为5g每天)。然而,目前全球95%的人口每天盐摄入量为6~12g,远高于世界卫生组织推荐的标准^[9]。有研究显示肉制品的食盐摄入量占总食盐摄入量的20%,是盐摄入的主要来源之一^[10],因此转变肉制品高盐高油的食品形象,研究更加健康的低钠肉制品已经成为食品行业的研究热点。

目前降低肉制品中食盐含量的方法主要包括:直接降低钠盐的添加量^[11];使用复配替代盐^[6];添加天然咸味产品^[4,12];改变食盐的物理特性^[13];使用新型非热加工技术改善食盐在肉制品中的扩散^[14-16]等。其中,直接减盐法无疑是最简便的降盐方式,但由于长期以来消费者对高钠食品的偏爱,使得转变这种饮食模式成为一项非常艰巨的任务。这不仅需要政府宣传,鼓励消费者选择低盐食品,也需要整个食品行业的共同努力。目前有相关研究表明,通过“隐形减少”即在相对较长的时间内,逐步减少食品的盐含量,可以提高消费者对于低钠食品的接受度,增加其对咸味的敏锐度,在循序渐进中减少食盐的添加量^[6]。Tobin等^[17]对不同脂肪含量(30%、40%、50%、60%)和不同盐含量(0.5%、0.75%、1.0%、1.25%、1.5%)的牛肉饼的感官特性进行研究,发现含有40%脂肪和仅1%食盐的牛肉饼整体可接受度最高,该盐含量比爱尔兰和英国的商业牛肉饼低50%。此外,英国也成功的通过这种方法将许多加工食品的钠盐含量在三年内减少了20%~30%^[18]。因此,本实验通过对哈尔滨红肠pH值、水分含量、水分活度(a_w)、颜色、质构、TBARS、菌落总数、滋味、气味以及感官特性进行测定,探究直接减盐法对哈尔滨红肠品质以及贮藏特性的影响,为低盐哈尔滨红肠的开发提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

猪里脊肉、后腿肉、猪背膘、食盐、淀粉、味精、胡椒粉等香辛料均购买自哈尔滨好又多超市。麦芽糊精、乳酸钙、赖氨酸、丙氨酸和柠檬酸均为食品级,购自河南巧手食品添加剂有限公司。

1.2 仪器与设备

YS 6060 色差仪 深圳三恩时科技有限公司; Alpha 1500 紫外可见分光光度计 上海谱元仪器有限公司; AquaLab 智能水分活度仪 美国 Decagon Devices; 公司 SA402B 电子舌 日本 INSENT 公司; PEN3 便携式电子鼻气味分析仪 德国 AIRSENSE 公司。

1.3 方法

1.3.1 哈尔滨红肠的制备

哈尔滨红肠的制作方式参考Yin等^[19]的方法,并稍作修改,共制备了三批哈尔滨红肠进行重复实验:瘦肉75 kg,脂肪19 kg,玉米淀粉6 kg,胡椒粉200 g,味精200 g,桂皮粉100 g,大蒜1 kg,食盐添加量分别为3.00%、2.75%、2.50%、2.25%和2.00%(按肉的质量计算),每批次设有5个处理组,每个处理组需要18根哈尔滨红肠。提前将瘦肉和肥肉分别进行腌制,瘦肉中加入0.4%磷酸盐、0.1%

异抗坏血酸盐和试验设计中相应浓度的食盐,肥肉中分别加入与瘦肉相同浓度的食盐,使得最终产品食盐浓度分别为3.00%、2.75%、2.50%、2.25%和2.00%(按肉的质量计算),于4℃下腌制12 h。将腌制好的瘦肉和肥肉同上述淀粉和香辛料混合均匀,灌制进猪小肠肠衣中,哈尔滨红肠长度约20 cm、直径约3.5 cm。将制作好的哈尔滨红肠在65℃下烤制30 min,随后在85℃下煮制20 min,最后在60℃下熏制3 h,获得哈尔滨红肠。晾凉后真空包装于4℃下贮存。

1.3.2 指标的测定

1.3.2.1 pH 测定

取10 g红肠样品切碎放置于90 mL蒸馏水中,以10000 r/min的转速匀浆60 s,过滤后立即用pH计测定红肠pH值,每次测定重复三次。

1.3.2.2 水分含量测定

哈尔滨红肠水分含量参照GB 5009.3-2016,采用直接干燥法进行测定^[20]。

1.3.2.3 水分活度测定

水分活度仪预热30 min后,取切碎的红肠样品,铺满样品盒底部至没有缝隙,待机器稳定后读数,每次测定重复三次。

1.3.2.4 色差的测定

使用YS 6060色差仪对哈尔滨红肠颜色进行测定,随机选取红肠的不同部位除去肠衣后,切碎处理,铺满样品盒底部。

1.3.2.5 TBARS 的测定

以硫代巴比妥酸(Thiobarbituric acid, TBARS)值衡量脂质氧化程度。参考Hu等^[21]的方法,并稍作修改。随机取不同部位的哈尔滨红肠,去皮切碎,将2 g红肠样品放入50 mL离心管,向离心管中加入17 mL三氯乙酸-盐酸溶液和3 mL硫代巴比妥酸溶液,充分摇匀后,置于沸水浴中加热30 min,之后迅速冷却。向4 mL冷却后的溶液中加入4 mL氯仿混匀后离心10 min(3000 r/min),取上清液在532 nm处测量吸光值,计算公式如下:

$$\text{TBARS (mg/kg)} = \frac{A_{532}}{w} \times 9.48$$

式中: A_{532} 为溶液的吸光值, w 为哈尔滨红肠的质量(g), 9.48 为常数。

1.3.2.6 质构测定

在测定之前,将哈尔滨红肠放置在室温下平衡1 h,使用TA-XT plusC质构分析仪,P/2探头,选取哈尔滨红肠的中段部分,每个处理取5个点测定其质构特征。将测试程序分为两个连续循环如下:第1个循环在10.0%应变下不刺破哈尔滨红肠表面,主要反映硬度(g)和弹性(%);第2个循环应以50.0%的应变刺入哈尔滨红肠内部,主要体现在咀嚼性(g.s)和致密性(g.s)上。两个循环之间的保持时间为5 s。

1.3.2.7 菌落总数的测定

哈尔滨红肠菌落总数的测定参照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》^[22]。在无菌操作下,将红肠去肠衣后切碎,准确称取10 g样品,添加90 mL 0.85%的无菌生理盐水,摇匀后在4℃条件下放置30 min,选取梯度稀释液1 mL接种到营养琼脂平板上,37±1℃培养48 h后计数,最终结果用log CFU/g表示每克样品中所含的菌落总数。

1.3.2.8 电子舌的测定

根据李永杰等^[23]的方法测定电子舌,并进行部分修改。取50 g切碎的红肠与150 g蒸馏水均匀混合,于50℃下水浴加热30 min,之后使用绞肉机低速搅碎1 min。将混合溶液置于离心机中离心10 min(5000 r/min, 4℃),过滤取上清液。该仪器配有鲜味、涩味、咸味、酸味和苦味传感器以及两个参比电极。

1.3.2.9 电子鼻的测定

根据Yin等^[19]的方法,使用PEN3便携式电子鼻进行电子鼻分析,电子鼻传感器信息如下:如表

1 所示。将 3 g 切碎的哈尔滨红肠放入 20 mL 顶空瓶中密封, 水浴 40 min (50 °C) 后进行测定。

表 1 电子鼻传感器信息

传感器名称	敏感物质
W1C	芳烃物质
W5S	氮氧化合物
W3C	氮类, 芳香组分
W2W	含硫有机物, 芳香组分
W1S	烷类化合物
W1W	硫化物
W6S	氢化物
W5C	芳香烯烃, 极性化合物
W3S	长链烷烃
W2S	醇醛酮类物质

1.3.2.10 感官评价

根据 Hu 等^[21]的方法对哈尔滨红肠进行感官评价, 并进行一些修改。感官评价由 30 名具备感官评价经验的人员组成 (15 名男性和 15 名女性)。在感官评价前, 统一进行了课程培训, 以保证小组成员在培训后均掌握感官评价的基本操作和不同感官特征的质量标准。哈尔滨红肠切成约 2 mm 厚的薄片随机放在白色塑料板上, 使用无规律的 3 位数字进行标记, 在不同的处理组之间为感官评价小组提供纯净水漱口。哈尔滨红肠的颜色、咸度、风味、口感和总体可接受性使用 7 点线等级进行评估: 颜色, 1 = 浅粉红色, 7 = 深红色; 咸味, 1 = 较淡无咸味, 7 = 咸味过重; 风味, 1 = 风味不良或有异味, 7 = 哈尔滨红肠风味浓郁; 对于口感, 1 = 口感绵软, 7 = 硬度大弹性高; 对于总体可接受性, 1 = 可接受性最差, 7 = 可接受性最好, 感官评价在正常光线下进行。

1.4 数据分析

所得数据均为三次重复实验的平均值, 且每次重复均设置三次平行。结果表示为平均值 \pm 标准偏差。用 Statistix 8.1 软件的 Linear Models 程序进行数据统计分析; 使用 Turkey test 程序进行显著性差异分析 ($P < 0.05$); 使用 Origin 2021 软件进行作图。

2 结果与分析

2.1 直接减盐法对哈尔滨红肠 pH 值和水分含量的影响

由表 2 可知, 随着贮藏时间延长, 哈尔滨红肠 pH 值均呈下降趋势, 在整个贮藏期内各处理组 pH 值在 6.03~6.35 之间变化。可以观察到, 食盐添加量较高的处理组 (3.00%、2.75% 和 2.50%) 拥有相对更低的 pH 值, 这与赵子瑞^[24]的研究结果一致, 随着食盐用量的增加, 酱牛肉的 pH 值逐渐下降。孙筱^[25]也发现添加食盐会显著降低香肠 pH 值, 可能是由于盐在一定程度上促进了乳酸菌的繁殖分解碳水化合物而产生乳酸使得 pH 值降低^[26]。与林书斌^[27]研究结果不同, 本实验中各处理组在贮藏末期并没有观察到 pH 值的上升, 说明在整个贮藏期间红肠发生了脂肪酸败, 但没有氨的生成以及腐败现象的发生^[28]。

食品中的水分含量与食品的贮藏稳定性有直接关系, 微生物汲取营养物质, 分解以及合成细胞功能物质都需要水的参与^[29]。因此一般情况下, 低水分含量的产品稳定性相对较高, 腐败变质减少。从表 2 可以观察到, 随着贮藏时间的延长, 水分含量逐渐降低。其中, 食盐添加量为 2.75% 和 3.00% 的哈尔滨红肠当贮藏到第 28 d 时水分含量为 39.51% 和 39.46%, 显著低于第 0 d 水分含量 (41.34% 和 41.41%) ($P < 0.05$)。食盐添加量为 2.00%、2.25% 和 2.50% 的三个处理组, 水分含量逐渐降低, 当

到达贮藏末期第 35 d 显著低于第 0 d 哈尔滨红肠水分含量 ($P < 0.05$)。此外, 食盐添加量较高的处理组水分含量要稍低于食盐添加量较低的处理组, 但并没有观察到显著性差异 ($P > 0.05$), 可能是由于产品进行了真空包装, 水分的散失有限, 并且食盐浓度相差较小而导致的。

表 2 直接减盐法对贮藏期间哈尔滨红肠 pH 值和水分含量 (%) 的影响

Table 2 Effects of direct salt reduction on pH and water content (%) of Harbin red sausage during storage

		2.00%	2.25%	2.50%	2.75%	3.00%
pH	0	6.35 ± 0.02 ^{Aa}	6.34 ± 0.03 ^{Ab}	6.30 ± 0.02 ^{Ab}	6.29 ± 0.02 ^{Ab}	6.28 ± 0.04 ^{Ab}
	7	6.34 ± 0.03 ^{Aa}	6.34 ± 0.02 ^{Aa}	6.31 ± 0.01 ^{Ab}	6.27 ± 0.02 ^{Ab}	6.26 ± 0.02 ^{Ab}
	14	6.29 ± 0.03 ^{ABa}	6.27 ± 0.02 ^{ABab}	6.27 ± 0.02 ^{Ab}	6.25 ± 0.01 ^{Ab}	6.23 ± 0.03 ^{ABb}
	21	6.23 ± 0.04 ^{BCa}	6.21 ± 0.02 ^{BCab}	6.20 ± 0.02 ^{Bab}	6.18 ± 0.02 ^{Bab}	6.17 ± 0.02 ^{Bb}
	28	6.17 ± 0.02 ^{CDa}	6.16 ± 0.04 ^{CDa}	6.14 ± 0.03 ^{Cab}	6.13 ± 0.01 ^{Cab}	6.07 ± 0.04 ^{Cb}
	35	6.10 ± 0.03 ^{Da}	6.10 ± 0.02 ^{Da}	6.08 ± 0.02 ^{Dab}	6.06 ± 0.03 ^{Dab}	6.03 ± 0.02 ^{Cb}
水分含量 (%)	0	41.87 ± 0.62 ^{Aa}	41.39 ± 0.58 ^{Aa}	41.45 ± 0.65 ^{Aa}	41.34 ± 0.38 ^{Aa}	41.41 ± 0.31 ^{Aa}
	7	41.58 ± 0.56 ^{ABa}	41.25 ± 0.66 ^{ABa}	41.16 ± 0.58 ^{ABa}	40.78 ± 0.53 ^{ABa}	40.82 ± 0.61 ^{ABa}
	14	41.08 ± 0.59 ^{ABa}	40.60 ± 0.63 ^{ABa}	40.55 ± 0.61 ^{ABa}	40.01 ± 0.66 ^{ABa}	39.96 ± 0.58 ^{ABa}
	21	40.67 ± 0.68 ^{ABa}	40.35 ± 0.55 ^{ABa}	40.16 ± 0.52 ^{ABa}	39.77 ± 0.78 ^{ABa}	39.65 ± 0.71 ^{ABa}
	28	40.22 ± 0.65 ^{ABa}	40.08 ± 0.67 ^{ABa}	39.87 ± 0.70 ^{ABa}	39.51 ± 0.48 ^{Ba}	39.46 ± 0.95 ^{Ba}
	35	39.96 ± 0.52 ^{Ba}	39.68 ± 0.56 ^{Ba}	39.53 ± 0.59 ^{Ba}	39.38 ± 0.84 ^{Ba}	39.24 ± 0.73 ^{Ba}

注: 不同大写字母表示相同盐浓度下不同贮藏期之间存在显著差异 ($P < 0.05$); 不同小写字母表示同一贮藏期内不同盐浓度之间存在显著差异 ($P < 0.05$)。

Note: Uppercase letters indicate significant differences ($P < 0.05$) among the same NaCl concentration at different storage time and lowercase letters indicate significant differences ($P < 0.05$) among the same storage time at different NaCl concentrations.

2.2 直接减盐法对哈尔滨红肠颜色的影响

肉制品颜色的变化往往会影响消费者的购买欲望。表 3 反应了不同食盐添加量的哈尔滨红肠在贮藏过程中颜色的变化。随贮藏时间的延长, 各处理组 L^* 值均显著降低 ($P < 0.05$), 同时高盐浓度处理组 L^* 值略低, 这与赵子瑞^[24]的研究结果一致, 酱牛肉的 L^* 值随 NaCl 添加量的增加而降低, 这可能是由于离子浓度的增加提高了肌肉的持水能力, 而用于光线反射的水分减少, 从而降低了肌肉的视觉亮度^[30]。 a^* 值表示红度值, 在整个贮藏期间, 各处理组 a^* 值呈下降的趋势, 但并没有显著性差异 ($P > 0.05$), a^* 值的降低可能与蛋白质的水解以及水分的减少密切相关。 b^* 值代表黄度值, 随着贮藏时间的延长, b^* 值显著增加 ($P < 0.05$), 可能是由于脂肪氧化产物与磷脂头部或蛋白质中的胺之间发生非酶促褐变反应, 从而产生了黄色色素。贮藏期间哈尔滨红肠的颜色逐渐变暗, 但不同盐浓度的哈尔滨红肠颜色上并没有明显差别, 说明减少食盐添加量不会对哈尔滨红肠颜色造成显著影响。

表 3 直接减盐法对贮藏期间哈尔滨红肠 L^* 值, a^* 值和 b^* 值的影响

Table 3 Effects of direct salt reduction on L^* values, a^* values and b^* values of Harbin red sausages during storage

		2.00%	2.25%	2.50%	2.75%	3.00%
L^* -value	0	60.43 ± 0.15 ^{Aa}	60.60 ± 0.27 ^{Aa}	60.64 ± 0.78 ^{Aa}	60.21 ± 0.39 ^{Aa}	60.32 ± 0.67 ^{Aa}
	7	60.31 ± 0.13 ^{Aa}	60.14 ± 0.60 ^{Aa}	60.16 ± 0.18 ^{ABa}	59.96 ± 0.46 ^{Aa}	59.97 ± 0.28 ^{ABa}
	14	59.95 ± 0.12 ^{ABa}	59.84 ± 0.13 ^{ABa}	59.83 ± 0.09 ^{ABa}	59.76 ± 0.26 ^{Aa}	59.48 ± 0.37 ^{ABa}
	21	59.42 ± 0.55 ^{ABa}	59.41 ± 0.71 ^{ABa}	59.57 ± 0.50 ^{ABa}	58.77 ± 0.21 ^{Ba}	59.24 ± 0.60 ^{Ba}
	28	59.13 ± 0.62 ^{Ba}	58.91 ± 0.40 ^{Ba}	58.86 ± 0.84 ^{Ba}	58.57 ± 0.3 ^{Ba}	58.58 ± 0.16 ^{Ba}
	35	59.00 ± 0.33 ^{Ba}	58.85 ± 0.11 ^{Bab}	58.81 ± 0.15 ^{Bab}	58.56 ± 0.04 ^{Bab}	58.51 ± 0.21 ^{Bb}
a^* -value	0	11.53 ± 0.28 ^{Aa}	11.78 ± 0.29 ^{Aa}	11.73 ± 0.28 ^{Aa}	11.61 ± 0.40 ^{Aa}	11.76 ± 0.22 ^{Aa}
	7	11.54 ± 0.47 ^{Aa}	11.67 ± 0.55 ^{Aa}	11.59 ± 0.20 ^{Aa}	11.78 ± 0.19 ^{Aa}	11.74 ± 0.22 ^{Aa}

	14	11.42 ± 0.07 ^{Aa}	11.56 ± 0.15 ^{Aa}	11.55 ± 0.14 ^{Aa}	11.76 ± 0.13 ^{Aa}	11.77 ± 0.32 ^{Aa}
	21	11.34 ± 0.41 ^{Aa}	11.53 ± 0.43 ^{Aa}	11.38 ± 0.53 ^{Aa}	11.38 ± 0.11 ^{Aa}	11.68 ± 0.37 ^{Aa}
	28	11.26 ± 0.37 ^{Aa}	11.40 ± 0.44 ^{Aa}	11.37 ± 0.34 ^{Aa}	11.33 ± 0.40 ^{Aa}	11.39 ± 0.21 ^{Aa}
	35	11.21 ± 0.17 ^{Aa}	11.27 ± 0.36 ^{Aa}	11.33 ± 0.03 ^{Aa}	11.28 ± 0.07 ^{Aa}	11.42 ± 0.36 ^{Aa}
<i>b*</i> -value	0	9.27 ± 0.13 ^{Cb}	9.33 ± 0.06 ^{Bb}	9.43 ± 0.16 ^{Cab}	9.45 ± 0.19 ^{Cab}	9.72 ± 0.20 ^{Ba}
	7	9.68 ± 0.11 ^{BCa}	9.56 ± 0.65 ^{ABa}	9.46 ± 0.04 ^{Ca}	9.59 ± 0.20 ^{BCa}	9.78 ± 0.11 ^{Ba}
	14	9.78 ± 0.40 ^{ABCa}	9.73 ± 0.16 ^{ABa}	9.57 ± 0.37 ^{Ca}	9.69 ± 0.29 ^{ABCa}	9.74 ± 0.08 ^{ABa}
	21	9.78 ± 0.36 ^{ABCa}	9.74 ± 0.29 ^{ABa}	9.79 ± 0.16 ^{BCa}	9.78 ± 0.06 ^{ABCa}	9.91 ± 0.31 ^{ABa}
	28	10.15 ± 0.07 ^{ABa}	10.14 ± 0.15 ^{ABa}	10.20 ± 9.09 ^{ABa}	10.27 ± 0.55 ^{ABa}	9.90 ± 0.11 ^{ABa}
	35	10.37 ± 0.13 ^{Aa}	10.34 ± 0.15 ^{Aa}	10.55 ± 0.30 ^{Aa}	10.35 ± 0.07 ^{Aa}	10.24 ± 0.16 ^{Aa}

注: 不同大写字母表示相同盐浓度下不同贮藏期之间存在显著差异 ($P < 0.05$); 不同小写字母表示同一贮藏期内不同盐浓度之间存在显著差异 ($P < 0.05$)。

Note: Uppercase letters indicate significant differences ($P < 0.05$) among the same NaCl concentration at different storage time and lowercase letters indicate significant differences ($P < 0.05$) among the same storage time at different NaCl concentrations.

2.3 直接减盐法对哈尔滨红肠质构的影响

哈尔滨红肠在贮藏期内的质构变化如表 4 所示。各处理组硬度和致密性均显著增加 ($P < 0.05$), 咀嚼性有所增加但没有显著性差异 ($P > 0.05$), 弹性随贮藏时间的延长而显著减小 ($P < 0.05$), 哈尔滨红肠贮藏期间质构的变化可能与水分的散失密切相关。此外观察到高盐浓度处理组 (3.00%、2.75% 和 2.50%) 的硬度和致密性相对较高, 与 Ros-Polski 等^[31]的研究结果一致, 随着 NaCl 浓度的增加 (0~2.50%), 鸡肉的硬度、内聚性、咀嚼性显著增加 ($P < 0.05$)。

表 4 直接减盐法对哈尔滨红肠贮藏期间质构的影响

Table 4 Effects of direct salt reduction on texture profile analysis of Harbin red sausages during storage

		2.00%	2.25%	2.50%	2.75%	3.00%
硬度 (g)	0	366.75 ± 15.30 ^{Ca}	371.08 ± 16.90 ^{Ca}	370.93 ± 17.18 ^{Ca}	361.69 ± 10.42 ^{Ca}	376.56 ± 19.18 ^{Ca}
	7	383.06 ± 13.89 ^{BCa}	377.23 ± 9.31 ^{BCa}	384.15 ± 14.56 ^{BCa}	380.96 ± 11.71 ^{Ca}	391.10 ± 17.17 ^{BCa}
	14	402.70 ± 13.23 ^{ABa}	408.59 ± 14.95 ^{ABa}	414.67 ± 11.06 ^{ABa}	413.15 ± 14.15 ^{Ba}	425.92 ± 9.48 ^{ABa}
	21	414.21 ± 11.65 ^{ABa}	418.14 ± 12.42 ^{Aa}	423.38 ± 10.59 ^{Aa}	426.89 ± 11.67 ^{ABa}	432.61 ± 9.29 ^{Aa}
	28	422.66 ± 6.96 ^{Ab}	422.14 ± 11.06 ^{Ab}	431.36 ± 12.26 ^{Ab}	439.57 ± 9.85 ^{ABab}	453.31 ± 10.39 ^{Aa}
	35	432.49 ± 14.08 ^{Ab}	430.20 ± 7.78 ^{Ab}	439.86 ± 11.27 ^{Aab}	445.81 ± 6.82 ^{Aab}	461.38 ± 13.84 ^{Aa}
致密性 (g.sec)	0	108.50 ± 5.95 ^{Bb}	110.15 ± 5.64 ^{Bab}	116.33 ± 4.96 ^{Bab}	114.37 ± 4.84 ^{Cab}	122.61 ± 4.58 ^{Ca}
	7	112.45 ± 5.60 ^{ABb}	114.17 ± 5.68 ^{ABab}	119.02 ± 6.08 ^{ABab}	120.21 ± 5.26 ^{BCab}	128.27 ± 6.65 ^{BCa}
	14	118.98 ± 4.55 ^{ABb}	116.91 ± 4.32 ^{ABab}	123.31 ± 6.07 ^{ABab}	128.90 ± 6.78 ^{ABCab}	132.27 ± 5.67 ^{ABCa}
	21	121.02 ± 6.51 ^{ABa}	124.31 ± 5.72 ^{ABa}	128.42 ± 5.46 ^{ABa}	134.28 ± 8.82 ^{ABa}	136.10 ± 6.08 ^{ABCa}
	28	125.22 ± 6.20 ^{Aa}	129.86 ± 12.24 ^{Aa}	132.97 ± 6.04 ^{ABa}	137.53 ± 6.03 ^{ABa}	142.67 ± 8.46 ^{ABa}
	35	128.22 ± 7.88 ^{Aa}	132.93 ± 5.11 ^{Aa}	135.27 ± 10.13 ^{Aa}	140.18 ± 7.29 ^{Aa}	146.66 ± 5.93 ^{Aa}
弹性 (%)	0	65.61 ± 1.01 ^{ABa}	65.32 ± 0.25 ^{Aa}	66.98 ± 0.22 ^{Aa}	68.49 ± 0.62 ^{ABa}	66.64 ± 1.03 ^{Aa}
	7	67.34 ± 0.11 ^{Aa}	66.93 ± 0.47 ^{Aa}	66.23 ± 0.59 ^{Aa}	66.62 ± 1.00 ^{Aa}	67.19 ± 1.59 ^{Aa}
	14	64.52 ± 1.52 ^{ABCa}	64.82 ± 0.53 ^{Aa}	66.73 ± 1.29 ^{Aa}	67.33 ± 1.17 ^{Aa}	66.12 ± 1.31 ^{ABa}
	21	64.54 ± 0.43 ^{ABCa}	65.79 ± 1.24 ^{Aa}	65.74 ± 0.88 ^{Aa}	65.19 ± 0.72 ^{ABa}	65.22 ± 1.04 ^{ABa}
	28	64.18 ± 1.15 ^{BCa}	65.27 ± 0.65 ^{Aa}	65.40 ± 1.25 ^{ABa}	65.23 ± 1.21 ^{ABa}	66.78 ± 1.69 ^{Aa}
	35	61.88 ± 1.26 ^{Ca}	61.51 ± 1.60 ^{Ba}	63.23 ± 0.31 ^{Ba}	63.38 ± 0.49 ^{Ba}	63.06 ± 0.15 ^{Ba}
咀嚼性 (g.sec)	0	1941 ± 138 ^{Aa}	2138 ± 111 ^{Aa}	2119 ± 134 ^{Aa}	2030 ± 148 ^{Ba}	2143 ± 67 ^{Ba}
	7	1982 ± 180 ^{Aa}	2157 ± 127 ^{Aa}	2179 ± 117 ^{Aa}	2134 ± 145 ^{ABa}	2207 ± 154 ^{ABa}

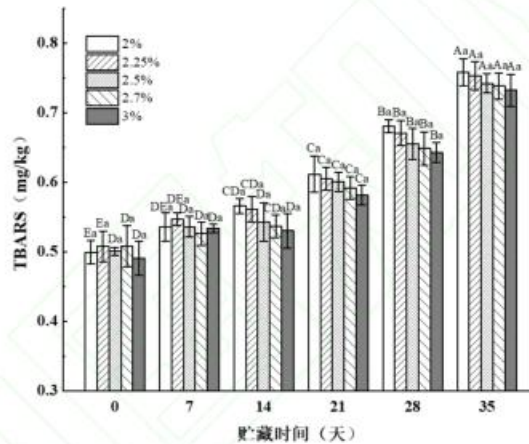
14	2120 ± 135 ^{Aa}	2210 ± 174 ^{Aa}	2237 ± 154 ^{Aa}	2154 ± 174 ^{ABa}	2380 ± 175 ^{ABa}
21	2209 ± 209 ^{Aa}	2357 ± 119 ^{Aa}	2293 ± 269 ^{Aa}	2260 ± 100 ^{ABa}	2458 ± 83 ^{ABa}
28	2320 ± 141 ^{Aa}	2417 ± 140 ^{Aa}	2385 ± 180 ^{Aa}	2329 ± 108 ^{ABa}	2435 ± 108 ^{ABa}
35	2371 ± 190 ^{Aa}	2466 ± 105 ^{Aa}	2420 ± 165 ^{Aa}	2444 ± 89 ^{Aa}	2554 ± 179 ^{Aa}

注: 不同大写字母表示相同盐浓度下不同贮藏期之间存在显著差异 ($P < 0.05$); 不同小写字母表示同一贮藏期内不同盐浓度之间存在显著差异 ($P < 0.05$)。

Note: Uppercase letters indicate significant differences ($P < 0.05$) among the same NaCl concentration at different storage time and lowercase letters indicate significant differences ($P < 0.05$) among the same storage time at different NaCl concentrations.

2.4 直接减盐法对哈尔滨红肠 TBARS 值的影响

TBARS 值是反应哈尔滨红肠贮藏期间脂质氧化程度的指标, 脂肪的氧化与肉制品的颜色和风味密切相关, 但脂肪过度氧化会引起肉制品风味以及品质的劣变^[32]。如图 1 所示, 在贮藏初期各处理组 TBARS 值较低, 均为 0.50 mg/kg 左右。经过 35 d 的贮藏后, TBARS 值均显著增加 ($P < 0.05$)。其中食盐添加量为 2.00% 和 2.25% 的处理组在贮藏至第 14 d 时 TBARS 值显著高于第 0 d ($P < 0.05$), 而食盐添加量较高的处理组 (3.00%、2.75% 和 2.50%) 在贮藏至第 21 d 时与第 0 d 出现显著性差异, 且表现出相对较低的脂肪氧化程度, 这可能是由于铁离子对脂质的过氧化活性在低浓度的 NaCl 中得到增强^[33]。Rhee 等^[34]研究发现低浓度的食盐添加量可能会对脂质氧化起到一定的促进作用。



注: 不同大写字母表示相同盐浓度下不同贮藏期之间存在显著差异 ($P < 0.05$); 不同小写字母表示同一贮藏期内不同盐浓度之间存在显著差异 ($P < 0.05$)。

Note: Uppercase letters indicate significant differences ($P < 0.05$) among the same NaCl concentration at different storage time and lowercase letters indicate significant differences ($P < 0.05$) among the same storage time at different NaCl concentrations.

图 1 直接减盐法对哈尔滨红肠贮藏期间 TBARS 的影响

Figure 1 Effects of direct salt reduction on TBARS of Harbin red sausages during storage

2.5 直接减盐法对哈尔滨红肠菌落总数的影响

随贮藏时间的延长, 不同盐浓度的哈尔滨红肠菌落总数均显著增加 ($P < 0.05$)。如图 2 所示, 在贮藏前期增长速度较快, 这可能是由于此时红肠内养分充足, 而随着贮藏时间的延长细菌代谢作用产酸, 乳酸的积累对微生物的生长起到抑制作用, 使得菌落总数增长速率减缓^[35]。同时可以观察到, 从第 14 d 开始食盐添加量为 2.00% 和 2.25% 的处理组菌落总数显著高于 3.00% 处理组 ($P < 0.05$)。可能是由于盐浓度较低的处理组水分含量相对较高, 有利于微生物的生长, 同时高盐浓度在一定程度上可以抑制微生物的生长活性。当贮藏到达第 21 d 时, 各处理组菌落总数均超过 GB 2726—2016《食品安全国家标准熟肉制品》限值 5 (lg (CFU/g))。此外, 细菌的增长会加速脂肪分解成游离脂肪酸, 加速脂质自动氧化的发生^[36], 这与 TBARS 值结果保持一致。

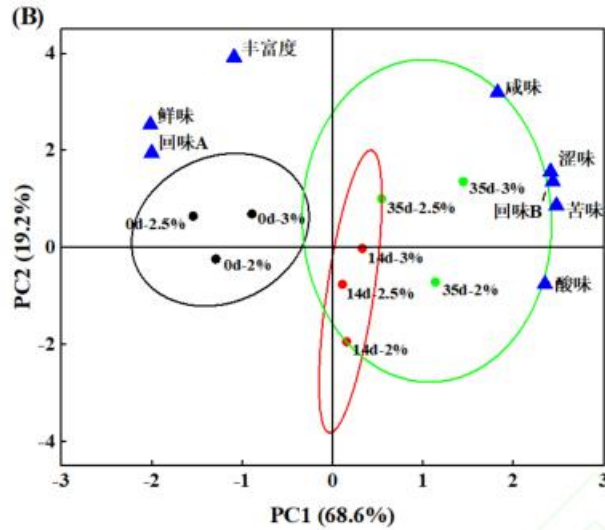


图3 直接减盐法对哈尔滨红肠贮藏期间(0、14和35 d)滋味的影响(A)和主成分分析(B)

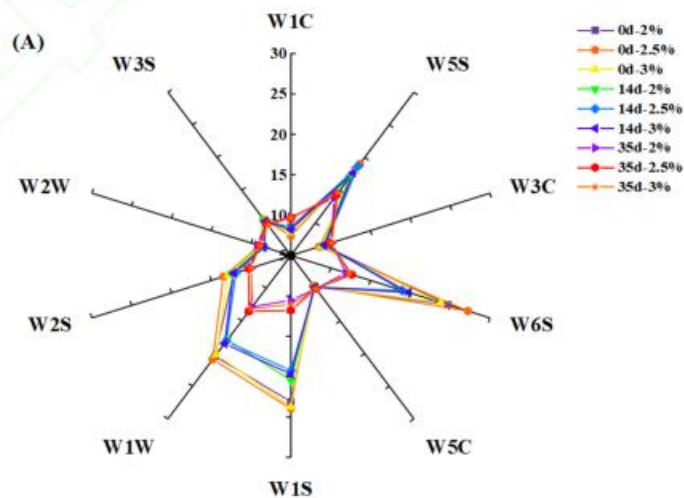
注：不同小写字母表示差异性显著 ($P < 0.05$)。

Note: Different lowercase letters indicate significant difference ($P < 0.05$).

Figure 3 Effects of direct salt reduction on taste assessment (A) and the principal component analysis (B) of E-tongue response data of Harbin red sausages during storage (0, 14 and 35 d)

2.7 直接减盐法对哈尔滨红肠电子鼻的影响

不同食盐添加量的哈尔滨红肠在贮藏期间电子鼻各传感器响应值如图4所示,不同处理组各传感器的响应值变化趋势相似。第0 d时,传感器W1W、W1S、W2S、W5S和W6S的响应值较大,其中W1W、W1S和W6S在贮藏期间响应值显著降低($P < 0.05$)。如图4B,所有样品的第一主成分(PC1)和第二主成分(PC2)的贡献率分别是86.7%和10.3%,累计方差贡献率为97%,可以较好的表征哈尔滨红肠大部分挥发性风味特征信息。其中第一主成分代表了样品86.7%的特征信息,第0 d和第14 d各处理组在均分布在第一主成分正半轴,说明在第0 d和第14 d哈尔滨红肠挥发性风味差异较小。而随着贮藏时间延长至第35 d时,各处理组与第0 d在第一主成分上有明显区别,说明在贮藏末期哈尔滨红肠挥发性风味已经出现了显著性变化。同时在整个贮藏期间,2.50%与3.00%处理组距离较近,说明整体气味更为相似。



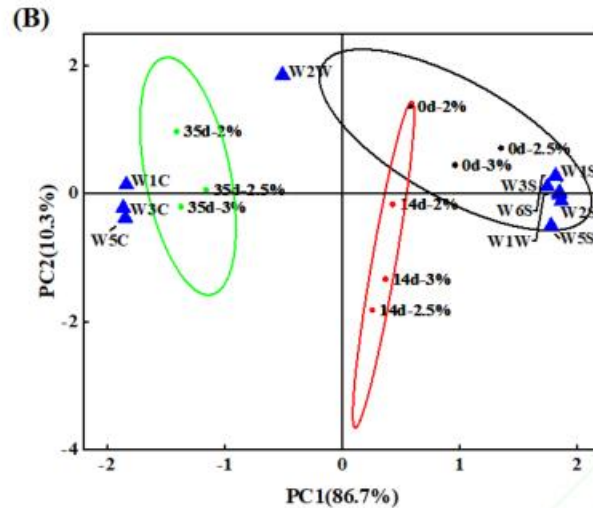


图4 直接减盐法对哈尔滨红肠贮藏期间(0、14和35 d)气味的影响(A)和主成分分析(B)

Figure 4 Effects of direct salt reduction on radar chart (A) and principal component analysis (B) of E-nose response data of Harbin red sausages during storage (0, 14 and 35 d)

2.8 直接减盐法对哈尔滨红肠感官评价的影响

第0 d时不同食盐添加量的哈尔滨红肠感官评价结果如图5所示,各处理组在咸度和总体可接受性上差异显著($P < 0.05$),哈尔滨红肠咸度随食盐添加量增加而显著增加($P < 0.05$),这与电子舌结果一致。尽管脂肪和蛋白质降解产生的鲜味需要以咸味来体现^[24],但食盐添加量较高的2.75%和3.00%处理组咸味过高,而使得总体可接受性评分显著低于2.00%、2.25%和2.50%处理组。食盐添加量为2.50%的哈尔滨红肠总体可接受性的得分最高,但与2.00%和2.25%处理组之间没有显著差异($P > 0.05$)。各处理组在风味、色泽和口感上没有显著性差异($P > 0.05$)。

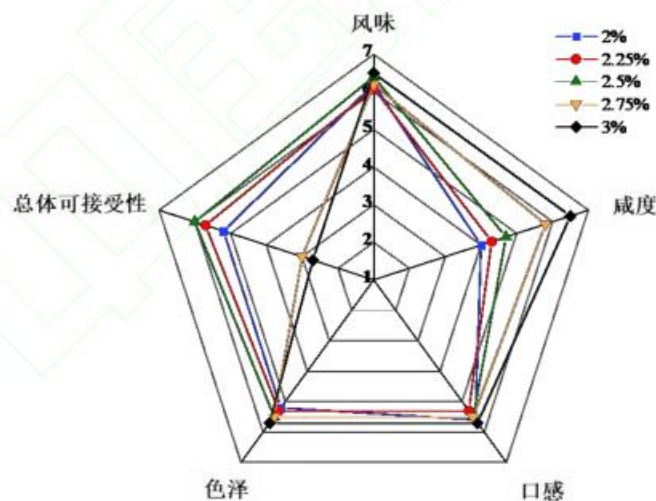


图5 直接减盐法对哈尔滨红肠感官评价的影响

Figure 5 Effects of direct salt reduction on sensory evaluation of the Harbin red sausages levels

3 结论

通过研究直接减盐法对哈尔滨红肠贮藏期间品质特征的影响发现,在贮藏末期(35 d),食盐添加量较高的处理组(3.00%、2.75%、2.50%) pH 值和水分含量较低,质地较硬,颜色较暗,但表现出更好的抗脂肪氧化能力和更低的菌落总数。在贮藏期间,哈尔滨红肠酸味、咸味和苦回味有所增加,

而鲜味逐渐减少,同时各处理组电子鼻传感器响应值均逐渐减小。与2.00%处理组相比,食盐添加量为2.50%和3.00%的处理组风味特征更加相似。感官评价结果显示,食盐添加量为2.50%处理组咸味适中,可以较好的保证哈尔滨红肠在贮藏期间的品质特征,并有效减少了16.7%的食盐添加量。

参考文献:

- [1] EVANS L C, IVY J R, WYRWOLL C, et al. Conditional deletion of *hsd11b2* in the brain causes salt appetite and hypertension[J]. *Circulation*, 2016, 133(14): 1360-1370. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.115.019341.
- [2] FARQUHAR W B, EDWARDS D G, JURKOVITZ C T, et al. Dietary sodium and health more than just blood pressure[J]. *Journal of the American College of Cardiology*, 2015, 65(10): 1042-1050. DOI: 10.1016/j.jacc.2014.12.039.
- [3] RUUSUNEN M, PUOLANNE E. Reducing sodium intake from meat products[J]. *Meat Science*, 2005, 70(3): 531-541. DOI: 10.1016/j.meatsci.2004.07.016.
- [4] INGUGLIA E S, ZHANG Z, TIWARI B K, et al. Salt reduction strategies in processed meat products - a review[J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2017, 59: 70-78. DOI: 10.1016/j.tifs.2016.10.016.
- [5] GULLON P, ASTRAY G, GULLON B, et al. Inclusion of seaweeds as healthy approach to formulate new low-salt meat products[J]. *Current Opinion in Food Science*, 2021, 40: 20-25. DOI: 10.1016/j.cofs.2020.05.005.
- [6] VINITHA K, SETHUPATHY P, MOSES J A, et al. Conventional and emerging approaches for reducing dietary intake of salt[J]. *Food Research International*, 2022, 152: 110933. DOI: 10.1016/j.foodres.2021.110933.
- [7] ZHANG Y W, GUO X Y, PENG Z Q, et al. A review of recent progress in reducing NaCl content in meat and fish products using basic amino acids[J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2022, 119: 215-226. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.12.009.
- [8] ELLISON D H, WELLING P. Insights into salt handling and blood pressure[J]. *New England Journal of Medicine*, 2021, 385(21): 1981-1993. DOI: 10.1056/NEJMr2030212.
- [9] GRAUDAL N, JURGENS G. Conflicting evidence on health effects associated with salt reduction calls for a redesign of the salt dietary guidelines[J]. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 2018, 61(1): 20-26. DOI: 10.1016/j.pcad.2018.04.008.
- [10] RYSOVA J, SMIDOVA Z. Effect of salt content reduction on food processing technology[J]. *Foods*, 2021, 10(9): 2237. DOI: 10.3390/foods10092237.
- [11] TOBIN B D, O'SULLIVAN M G, HAMILL R M, et al. The impact of salt and fat level variation on the physiochemical properties and sensory quality of pork breakfast sausages[J]. *Meat Science*, 2013, 93(2): 145-152. DOI: 10.1016/j.meatsci.2012.08.008.
- [12] VILAR E G, OUYANG H, O'SULLIVAN M G, et al. Effect of salt reduction and inclusion of 1% edible seaweeds on the chemical, sensory and volatile component profile of reformulated frankfurters[J]. *Meat Science*, 2020, 161: 108001. DOI: 10.1016/j.meatsci.2019.108001.
- [13] RUBEN, RAMA, NATALIE, et al. Impact of salt crystal size on in-mouth delivery of sodium and saltiness perception from snack foods[J]. *Journal of Texture Studies*, 2013, 44(5): 338-345. DOI: 10.1111/jtxs.12017.
- [14] O'NEILL C M, CRUZ-ROMERO M C, DUFFY G, et al. The application of response surface methodology for the development of sensory accepted low-salt cooked ham using high pressure processing and a mix of organic acids[J]. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2018, 45: 401-411. DOI: 10.1016/j.ifset.2017.12.009.
- [15] KANG D C, WANG A R, ZHOU G H, et al. Power ultrasonic on mass transport of beef: effects of ultrasound intensity and NaCl concentration[J]. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2016, 35: 36-44. DOI: 10.1016/j.ifset.2016.03.009.
- [16] BHAT Z F, MORTON J D, MASON S L, et al. The application of pulsed electric field as a sodium reducing strategy for meat products[J]. *Food Chemistry*, 2020, 306: 125622. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.125622.
- [17] TOBIN B D, O'SULLIVAN M G, HAMILL R M, et al. Effect of varying salt and fat levels on the sensory quality of beef patties[J]. *Meat Science*, 2012, 91(4): 460-465. DOI: 10.1016/j.meatsci.2012.02.032.
- [18] HE F J, MACGREGOR G A. A comprehensive review on salt and health and current experience of worldwide salt reduction programmes[J]. *Journal of Human Hypertension*, 2009, 23(6): 363-384. DOI: 10.1038/jhh.2008.144.
- [19] YIN X Y, WEN R X, SUN F D, et al. Collaborative analysis on differences in volatile compounds of Harbin red sausages smoked

- with different types of woodchips based on gas chromatography-mass spectrometry combined with electronic nose[J]. *LWT - Food Science and Technology*, 2021, 143: 111144. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.111144.
- [20] 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中水分的测定: GB5009.3-2016[S]. 北京: 中国标准出版, 2016.
- [21] HU Y Y, ZHANG L, ZHANG H, et al. Physicochemical properties and flavour profile of fermented dry sausages with a reduction of sodium chloride[J]. *LWT - Food Science and Technology*, 2020, 124: 109061. DOI: 10.1016/j.lwt.2020.109061.
- [22] 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定 GB4789. 2-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [23] 李永杰, 唐月, 李慧瑶, 等. 基于智能感官和气相色谱-质谱联用技术研究食盐添加量对风干肠风味特征的影响[J]. *食品科学*, 2022, 43(4): 1-7. DOI: 10.7506/spkx1002-6630-20210221-221.
- [24] 赵子瑞. 低钠酱牛肉制备配方优化与品质改良及贮藏特性研究[D]. 吉林: 吉林大学, 2019: 14-17.
- [25] 孙筱. 盐浓度对自制香肠理化因子及原核微生物群落多样性的影响[J]. *中国酿造*, 2021, 40(9): 145-149. DOI: 10.11882/j.issn.0254-5071.2021.09.026.
- [26] 姚来斌, 韩齐, 刘赛, 等. 贮藏温度和时间对哈尔滨红肠微生物菌相变化及理化性质的影响[J]. *食品科学*, 2014, 35(10): 230-235. DOI: 10.7506/spkx1002-6630-201410043.
- [27] 林书斌. Nisin 复合防腐剂在哈尔滨红肠中的应用[D]. 哈尔滨: 黑龙江大学, 2017: 31-45.
- [28] BASTIANELLO CAMPAGNOL P C, DOS SANTOS B A, WAGNER R, et al. The effect of yeast extract addition on quality of fermented sausages at low NaCl content[J]. *Meat Science*, 2011, 87(3): 290-298. DOI: 10.1016/j.meatsci.2010.11.005.
- [29] 陈琛. 低钠复合盐对风鸭食用品质的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2013: 19-33.
- [30] HORITA C N, MESSIAS V C, MORGANO M A, et al. Textural, microstructural and sensory properties of reduced sodium frankfurter sausages containing mechanically deboned poultry meat and blends of chloride salts[J]. *Food Research International*, 2014, 66: 29-35. DOI: 10.1016/j.foodres.2014.09.002.
- [31] ROS-POLSKI V, KOUTCHMA T, XUE J, et al. Effects of high hydrostatic pressure processing parameters and NaCl concentration on the physical properties, texture and quality of white chicken meat[J]. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2015, 30: 31-42. DOI: 10.1016/j.ifset.2015.04.003.
- [32] 徐梅. 低盐香肠贮藏特性及天然保鲜技术研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2019: 15-23.
- [33] 陈佳新, 陈倩, 孔保华. 食盐添加量对哈尔滨风干肠理化特性的影响[J]. *食品科学*, 2018, 39(12): 85-92. DOI: 10.7506/spkx1002-6630-201812014.
- [34] RHEE K S, SMITH G C, TERRELL R N. Effect of reduction and replacement of sodium chloride on rancidity development in raw and cooked ground pork[J]. *Journal of Food Protection*, 1983, 46(7): 578-581. DOI:10.4315/0362-028X-46.7.578.
- [35] LV Y C, YIN X Y, WANG Y, et al. The prediction of specific spoilage organisms in Harbin red sausage stored at room temperature by multivariate statistical analysis[J]. *Food Control*, 2021, 123: 107701. DOI: 10.1016/j.foodcont.2020.107701.
- [36] QIU C Y, ZHAO M M, SUN W Z, et al. Changes in lipid composition, fatty acid profile and lipid oxidative stability during Cantonese sausage processing[J]. *Meat Science*, 2013, 93(3): 525-532. DOI: 10.1016/j.meatsci.2012.10.008.
- [37] 冯廷闯, 符漫, 熊英梅, 等. 基于电子舌、电子鼻和 GC-MS 分析襄阳大头菜新、老卤水滋味和挥发性物质[J]. *中国酿造*, 2021, 40(11): 49-54. DOI: 10.11882/j.issn.0254-5071.2021.11.009.
- [38] 曾诗雨, 才让卓玛, 张效平, 等. 基于电子鼻和电子舌技术分析发酵鲟鱼加工过程中风味的变化[J]. *中国酿造*, 2021, 40(8): 191-195. DOI: 10.11882/j.issn.0254-5071.2021.08.034.