

畜禽鱼虾肉在-18 °C冻藏过程中营养价值的变化

孔凡华¹, 张湜惟¹, 黄 华², 崔 旻³, 杨春雪¹, 郭 倩¹, 刘梦兰¹,
郑晓玮¹, 夏欣然¹, 崔亚娟^{1*}

(1. 北京市营养源研究所, 北京市系统营养工程技术研究中心, 北京 100069; 2. 北京市产品质量监督检验院, 北京 101300; 3. 北京市食品安全监控和风险评估中心, 北京 100094)

摘 要: **目的** 研究冻藏过程中肉的营养价值变化。**方法** 选择-18 °C冻藏条件, 以典型畜禽鱼虾肉为研究对象, 选取猪、牛、羊、鸡、鱼和虾共6类肉样品。通过厂家直供、超市采购和农贸市场采购途径共计采集16个样品, -18 °C冻藏条件下, 每隔一段时间取出一包肉样品, 对其感官、理化和营养指标进行测定和记录, 研究肉品在冻藏期间发生的质量变化。**结果** 在-18 °C冻藏360 d条件下, 随着冻藏时间的延长, 各种肉的感官评分均呈现下降趋势, 肉的色泽、质地不断下降, 畜禽肉评分均在6分及以上, 鱼虾肉低于6分。肉样品的pH和水分含量均在标准范围内波动; 蛋白质、脂肪、脂肪酸等营养成分含量均在小范围内波动, 无明显变化趋势。**结论** 畜禽鱼虾肉在-18 °C冻藏360 d, 能够保持可食用状态。

关键词: 肉品; 冻藏; 感官评价; 营养价值

Changes of nutritional value of livestock, poultry, fish and shrimp meat during -18 °C frozen storage

KONG Fan-Hua¹, ZHANG Hao-Wei¹, HUANG Hua², CUI Yang³, YANG Chun-Xue¹, GUO Qian¹,
LIU Meng-Lan¹, ZHENG Xiao-Wei¹, XIA Xin-Ran¹, CUI Ya-Juan^{1*}

(1. Beijing Engineering Research Centre of System-nutrition, Beijing Institute of Nutrition Resources, Beijing 100069, China; 2. Beijing Products Quality Supervision and Inspection Institute, Beijing 101300, China; 3. Beijing Municipal Center for Food Safety Monitoring and Risk Assessment, Beijing 100094, China)

ABSTRACT: Objective To study the changes of meat nutritional value in the process of frozen storage. **Methods** Totally 6 kinds of meat samples including pig, cattle, sheep, chicken, fish and shrimp were selected under the condition of -18 °C frozen storage. A total of 16 samples were collected through direct supply from manufacturers, supermarket purchase and farmers' market purchase, under the condition of -18 °C frozen storage, a package of meat samples were taken at intervals, and the sensory, physicochemical and nutritional indexes were determined and recorded, and the quality changes of meat during frozen storage were studied. **Results** Under the condition of -18 °C frozen storage for 360 d, with the extension of frozen storage time, the sensory scores of all kinds of meat showed a downward trend, the color and texture of meat decreased continuously, the scores of livestock and poultry meat were above 6 points, and the scores of fish and shrimp meat were below 6 points. The pH value and moisture

基金项目: 典型初加工食用农产品保质期安全性评价技术及应用项目(160922)

Fund: Supported by the Evaluation Technology and Application of Shelf Life Safety of Typical Primary Processed Edible Agricultural Products (160922)

*通信作者: 崔亚娟, 博士, 研究员, 主要研究方向为食物营养分析检测及应用研究。E-mail: cuiyj66@163.com

*Corresponding author: CUI Ya-Juan, Ph.D, Professor, System Nutrition Engineer and Technology Research Center, No.4, Dongbinhe Road, Fengtai District, Beijing 100069, China. E-mail: cuiyj66@163.com

content of meat samples fluctuated in the standard range; the content of protein, fat, fatty acid and other nutrients fluctuated in a small range, and there was no obvious change trend. **Conclusion** The meat of livestock, poultry, fish and shrimp can be kept edible after frozen at $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ for 360 d.

KEY WORDS: meat; frozen storage; sensory evaluation; nutritional value

0 引言

近年来,国内居民肉类食品的消费能力持续增长^[1]。随着人们生活水平的提升,肉品的品质成为消费者挑选肉品的关注点之一^[2]。调查研究表明,消费者更倾向于购买热鲜肉和冷鲜肉,消费者认为冷冻肉的质量和营养价值不如热鲜肉和冷鲜肉^[2]。品牌大厂对于冷鲜肉的广告推广使消费者对冷鲜肉更信任、更放心,相比之下,消费者对于购买冷冻肉的意愿进一步降低^[2-4]。

热鲜肉是没有经过任何降温处理得到的肉,因而在后续的储藏、运输、销售过程中很容易受到外界环境的污染,并且热鲜肉本身的温度较高,易导致细菌大量繁殖,严重影响食用安全^[5]。冻藏是肉品贮藏的基本方法之一,易于工业化。冷冻肉能有效地延长肉品的储藏时间,能够调节市场供需关系,达到间接调解肉类产品市场价格的目的。因此,冻藏是目前应用最广泛、经济,也是最有效的肉品贮藏方法。冻藏分为冷却和冻结,食品中所含水分在降温过程中未变成冰晶的为冷却,对应肉类产品即为冷却肉;所含水分形成冰晶的为冻结,长时间在 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下温度冷冻贮藏的热鲜肉和冷却肉就是冷冻肉^[6-7]。冷却肉从屠宰到市场售卖中间环节复杂,必须严格处于 $0\sim 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的环境中,稍有不慎畜禽肉会出现发粘、变色、有异味等现象,使肉类产生微生物腐败^[8-9]。冷冻肉在口感上要比热鲜肉和冷却肉差一些,除了极少一部分嗜冷菌以外,大部分细菌在温度处于 $-10\sim -15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时都会停止发育,所以冷冻肉与热鲜肉和冷却肉相比更加安全卫生^[10-11]。

活猪调运的数量大、环节多、频度高、范围广,已成为我国动物疫病发生和扩散的主要风险。为改变活猪跨省调运弊端,2018年11月21日,农业农村部办公厅发布《关于加强生猪屠宰企业非洲猪瘟防控保障猪肉质量和有效供给的通知》(农办牧〔2018〕69号):按照“规模养殖、集中屠宰、冷链运输、冰鲜上市”的总体思路,综合生猪养殖、市场消费、交通运输等因素,调整完善本区域生猪屠宰行业发展规划,推动由“调猪”向“调肉”转变^[12]。冷冻肉是目前肉品国际贸易的主要形式。此外,随着世界许多国家肉品消费量的持续走高,食品工业对自我储备冷冻肉的依赖度也在逐渐增加。同时,家庭个人也开始倾向于保留一定冷冻肉以满足日常饮食需求。因此,冷冻肉无论是大到国际间贸易、国家战略储备、食品企业生产,还是小到家庭个人因素,都扮演着重要的角色^[13]。

HATI等^[14]研究表明,消费者对冷冻肉的营养成分、感官吸引力和价格的认知越高,对冷冻肉的态度越好,购买意愿越高。研究冷冻肉在冻藏过程中营养价值的变化,可以进一步提高居民对冷鲜、冷冻肉品的认可度,为未来推动从“调猪”向“调肉”转变提供良好的市场环境。本研究选取市场常见的4类畜禽肉品和2类水产肉品,通过厂家直供、超市和农贸市场购买等方法共计获取16个样品, $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下冻藏360 d,进行样品感官评分及pH、水分、蛋白质、脂肪、脂肪酸含量测定,表征肉品的营养价值和基本状况,对冻藏在 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 低温条件下的各类肉样品呈现的营养价值变化进行阐述,以期肉类冻藏技术的应用提供参考,并且为消费者对冻藏肉品的选择提供指导。

1 材料与方法

1.1 试样的采集与制备

1.1.1 试样的采集

4种畜禽肉样品猪肉、牛肉、羊肉和鸡肉分别采样自厂家、超市和农贸市场,猪肉1号采样自厂家、猪肉2号采样自超市、猪肉3号采样自农贸市场,牛肉、羊肉和鸡肉以此类推,其中猪肉选择肥瘦均匀的精品五花肉,牛肉为牛腩,羊肉为羊腿,鸡肉为鸡胸肉和琵琶腿各半的均匀混合肉。肉品取样均为新鲜肉,取样后用冰袋保存。

鱼肉和虾肉购自超市和农贸市场,分别为鲈鱼和海虾,共4个样品,编号分别为鱼肉2号、鱼肉3号,虾肉2号、虾肉3号。鱼虾市场的售卖方式主要是冰鲜鱼虾和鲜活鱼虾,为评估市场常见售卖方式中鱼虾的营养价值变化,分别采集了市场的鲜活鱼虾样品和超市的冰鲜鱼虾样品,其中,在超市采集的鱼虾为冰鲜样品,在农贸市场采集的鱼虾为鲜活样品。

1.1.2 试样的制备

处理样品前,先使用紫外灯照射绞肉机30 min进行灭菌处理,之后每处理完一个样品,用紫外灯照射绞肉机30 min,防止处理样品的过程中带入杂菌,以及避免不同样品的菌类交叉污染。将搅碎混匀的样品单独包装,每个样品均匀分装成12份,每份250 g左右,采用两阶段冻结法,肉样品在 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下冷藏1 d后放入 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冻藏,各种肉样品在冻藏的第1、7、15、30、60、90、120、150、180、360 d分别取1包样品进行感官评价、理化和营养成分的测定。

1.2 试剂与仪器

1.2.1 试剂与材料

邻苯二甲酸氢钾、磷酸二氢钾、磷酸氢二钠、酒石酸氢钾、柠檬酸氢二钠、一水柠檬酸、氢氧化钠、氯化钾、碘乙酸、乙醚、无水乙醇、抗坏血酸、氢氧化钾、乙醚、石油醚、无水硫酸钠、盐酸(分析纯, 国药集团化学试剂有限公司); 正庚烷、异辛烷(色谱纯, 美国赛默飞世尔科技公司); 十一碳酸甘油三酯标准品(纯度 $\geq 98.0\%$)、混合脂肪酸甲酯标准品(纯度 $\geq 98.4\%$)(美国 SIGMA 公司)。

1.2.2 仪器与设备

BS224S 分析天平[德国赛多利斯科学仪器(北京)有限公司]; METTLER TOLEDO pH 计[梅特勒-托利多国际贸易(上海)有限公司]; DH-101 电热恒温干燥箱(天津市中环实验电炉有限公司); KJ 2300 自动凯氏定氮仪(丹麦福斯集团公司); DZKW-4 恒温水浴锅(北京中兴伟业仪器有限公司); EYELA N-1100 旋转蒸发器(日本东京理化株式会社); TRACE1310 气相色谱仪[具有氢火焰离子检测器(flame ionization detector, FID)]、毛细管色谱柱聚二氧丙基硅氧烷强极性固定相(柱长 100 m, 内径 0.25 mm, 膜厚 0.2 μm)(美国 Agilent 公司)。

1.3 实验方法

感官评分标准表如表 1。感官评价时, 以色泽(新鲜红、紫红、暗红)、组织状态(软嫩、硬)、气味(新鲜味、腐败味)、状态^[1]作为指标, 设计表格, 采用 5 段评分法, 评分标准为每个指标满分为 10 分, 平均分 9.0~10.0 分为最好, 平均分 8.0~8.9 分为好, 平均分 6.0~7.9 分为较好, 平均分 3.0~5.9 分为较差, 平均分 0.0~2.9 分为最差, 平均分 6 分以上为鲜度良好。10 位感官评价人员评分的平均值作为每个样品的感官得分。

pH 按照 GB 5009.237—2016《食品安全国家标准 食品 pH 值的测定》方法测定; 水分含量按照 GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》(第

一法)测定; 蛋白质含量按照 GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》(第一法)测定; 脂肪含量按照 GB 5009.6—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》(第二法)测定; 脂肪酸含量按 GB 5009.168—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪酸的测定》(第一法)的方法进行测定。

表 1 感官评分标准表
Table 1 Sensory evaluation standard table

评分	色泽	组织状态	气味
9.0~10.0	明亮有光泽	肉质紧密富有弹性	正常新鲜肉味
8.0~8.9	稍暗淡略无光泽	肉质较紧密弹性较好	正常肉味, 微弱腥味
6.0~7.9	较暗淡较无光泽	肉质稍软弹性稍差	略带腥味和异味
3.0~5.9	暗淡无光泽	肉质松软弹性较差	明显的腥臭味和异味
0.0~2.9	非常暗淡很无光泽	肉质极软弹性很差	强烈的腥臭味和异味

2 结果与分析

2.1 感官评价结果

肉样品在-18 °C冻藏条件下感官指标的评价结果见表 2, 可知随着冻藏时间的延长, 各类肉样品的感官评分呈下降趋势, -18 °C冷藏 360 d, 畜禽肉样品的评分均在 6 分以上, 表明鲜度良好, 鱼虾样品感官评分低于 6 分, 呈现出较差的质感。对于畜禽肉样品, 厂家采购的样品感官评分的下降趋势比从超市和市场购买的肉样品缓慢, 这可能是由于肉品在从厂家运输到超市或农贸市场的过程中, 运输条件的不规范影响了肉的品质。

表 2 肉样品在-18 °C冻藏条件下感官指标的评价结果
Table 2 Sensory evaluation results of meat samples frozen at -18 °C

样品编号	1 d	7 d	15 d	30 d	60 d	90 d	120 d	150 d	180 d	360 d
猪肉 1 号	10	9	8	8	8	7	7	7	7	6
猪肉 2 号	9	8	8	7	7	7	7	7	7	6
猪肉 3 号	10	8	8	8	7	7	7	7	6	6
牛肉 1 号	9	8	8	7	7	7	7	7	6	6
牛肉 2 号	10	9	9	8	8	7	6	6	6	6
牛肉 3 号	9	9	8	7	7	7	7	6	6	6
羊肉 1 号	9	8	8	8	8	8	7	7	7	6

表 2(续)

样品编号	1 d	7 d	15 d	30 d	60 d	90 d	120 d	150 d	180 d	360 d
羊肉 2 号	10	9	8	8	8	7	7	6	6	6
羊肉 3 号	9	9	9	7	7	7	7	6	6	6
鸡肉 1 号	10	8	8	8	7	7	7	7	7	6
鸡肉 2 号	9	7	8	8	7	7	6	6	6	6
鸡肉 3 号	9	7	7	7	7	6	6	6	6	6
鱼肉 2 号	9	8	8	8	7	7	7	7	6	4
鱼肉 3 号	10	9	8	8	8	7	7	6	6	5
虾肉 2 号	9	9	8	8	7	7	7	7	7	5
虾肉 3 号	10	8	8	7	7	7	7	7	7	5

2.2 pH 测定结果

由表 3 可知, 6 种肉的 pH 均在一定范围内波动, 畜禽肉的 pH 整体小于鱼虾肉, 在 5.4~6.5 之间, 且波动并无明显的升降或峰谷趋势。鱼虾肉中, 除了鱼肉 2 号样品的 pH 波动范围低于国家标准 GB/T 36187—2018《冷冻鱼糜》规定的 6.5~7.4 之间, 其余 3 个样品均符合国家标准要求。鱼肉 2 号样品初始的 pH 低于国家标准, 可能是因为鱼肉 2 号是采自于超市的冰鲜鲈鱼, 样品在冰鲜保存过程中发生了一定程度的酸败, 导致 pH 降低。

2.3 水分测定结果

根据 GB 18394—2001《畜禽肉水分限量》的要求,

猪、牛和鸡肉的水分含量小于等于 77%, 羊肉的水分含量小于等于 78%; 根据 GB/T 18109—2011《冻鱼》的要求, 冻鱼的水分含量小于等于 86%。由表 4 可知, 各类肉样品的水分含量均在国家标准要求的范围内。部分样品中水分含量比较低, 可能是在搅碎或解冻的过程中水分流失造成的, 水分流失也导致肉样品的含水量呈现不规则变化。鱼肉 2 号和鱼肉 3 号水分含量接近且变化不大; 在 -18 °C 冻藏过程中, 虾肉 3 号比虾肉 2 号的水分含量更高。肉样品水分含量的高低与系水力有着极其紧密的联系^[15]。水分含量在肉类品质评定时是个极为重要的指标, 因为水分在肉的组成成分中占了极大的比重, 肉品的各种指标均受水分的含量和状态所影响。

表 3 肉样品在 -18 °C 冻藏条件下 pH 的测定结果
Table 3 Determination of pH value of meat samples frozen at -18 °C

样品编号	1 d	7 d	15 d	30 d	60 d	90 d	120 d	150 d	180 d	360 d
猪肉 1 号	6.2	5.9	5.8	5.8	5.9	5.4	5.6	6.0	6.1	6.0
猪肉 2 号	5.7	5.7	5.7	5.8	5.8	5.7	5.6	5.8	5.8	5.8
猪肉 3 号	5.9	5.8	5.9	6.0	5.9	5.8	5.7	5.7	5.9	5.8
牛肉 1 号	5.5	5.5	5.5	5.6	5.8	5.6	5.6	6.1	5.7	5.7
牛肉 2 号	5.7	5.8	5.8	5.8	5.9	5.8	5.6	5.8	5.9	5.9
牛肉 3 号	6.2	6.3	6.4	6.4	6.5	6.3	6.2	6.4	6.5	6.5
羊肉 1 号	5.5	5.5	5.5	5.7	5.7	5.5	5.5	5.7	5.7	5.8
羊肉 2 号	5.6	5.6	5.7	5.6	5.8	5.6	5.5	5.9	5.8	5.8
羊肉 3 号	5.6	5.7	5.8	5.9	5.9	5.7	5.7	5.9	6.0	6.1
鸡肉 1 号	6.1	6.1	6.2	6.3	6.3	6.0	6.1	6.2	6.3	6.3
鸡肉 2 号	5.9	6.1	6.2	6.4	6.4	6.1	6.2	6.4	6.4	6.3
鸡肉 3 号	6.2	5.9	6.0	6.0	6.2	6.1	5.9	6.0	6.2	6.2
鱼肉 2 号	6.3	6.3	6.4	6.4	6.5	6.3	6.2	6.4	6.5	6.5
鱼肉 3 号	6.6	6.6	6.7	6.7	6.8	6.5	6.6	6.7	6.8	6.8
虾肉 2 号	6.2	6.7	6.8	6.7	6.9	6.6	6.7	6.8	6.8	6.9
虾肉 3 号	6.9	6.9	6.8	6.8	7.0	6.7	6.7	6.6	6.9	7.0

2.4 蛋白质测定结果

由表 5 知, 6 类肉样品的蛋白质含量在一定范围内波动, 无明显变化趋势, 部分肉样品的蛋白质含量略有下降, 可能是由于水分的流失导致部分可溶性蛋白质的减少、蛋白质的氧化以及酶或微生物的分解引起的, 水分含量、蛋白质分解

等都会导致蛋白质含量变化。从营养学的角度而言, 新鲜肉品中蛋白质未分解, 小分子肽和氨基酸的含量相对较少, 营养价值相对较低, 因此肉品经过一段时间的冷冻熟化, 将大分子的肌肉蛋白分解后, 生成的小分子肽和氨基酸更易于人体吸收, 营养价值也因此会相对提升^[16]。

表 4 肉样品在-18 °C冻藏条件下水分的测定结果(g/100 g)
Table 4 Determination results of moisture content of meat samples frozen at -18 °C (g/100 g)

样品编号	1 d	7 d	15 d	30 d	60 d	90 d	120 d	150 d	180 d	360 d
猪肉 1 号	41.5	42.8	43.6	51.6	44.5	44.5	48.6	47.9	44.5	41.8
猪肉 2 号	49.8	52.0	52.5	53.6	58.9	48.5	51.6	55.6	55.8	60.2
猪肉 3 号	44.6	48.4	49.9	49.9	40.6	42.6	47.8	52.7	48.7	45.7
牛肉 1 号	60.0	63.9	64.3	61.2	65.6	61.6	65.2	44.5	61.8	66.0
牛肉 2 号	63.4	62.4	62.7	59.1	60.3	61.0	63.2	66.5	66.6	67.5
牛肉 3 号	70.6	68.9	70.8	70.2	67.2	68.2	69.6	69.1	73.2	70.9
羊肉 1 号	60.4	57.5	57.2	61.8	59.4	58.6	61.4	53.8	51.9	65.9
羊肉 2 号	61.5	59.6	63.9	56.9	64.1	63.7	56.0	58.2	59.5	55.3
羊肉 3 号	58.7	60.9	58.1	62.8	61.2	59.7	54.0	54.3	53.4	59.8
鸡肉 1 号	74.3	74.9	74.9	74.4	74.8	74.3	74.0	74.6	75.0	75.3
鸡肉 2 号	74.8	76.3	75.7	75.5	74.8	74.3	74.0	73.7	74.3	76.1
鸡肉 3 号	75.4	75.2	75.3	74.6	75.8	74.9	74.1	73.5	75.4	75.0
鱼肉 2 号	76.9	77.1	76.4	75.7	76.7	77.1	76.4	73.4	76.7	77.3
鱼肉 3 号	77.2	78.7	76.3	74.8	76.6	76.0	74.9	75.4	75.6	76.1
虾肉 2 号	73.0	73.8	73.8	73.7	73.6	73.6	73.3	72.2	73.4	73.4
虾肉 3 号	76.6	76.8	76.2	76.2	77.2	76.6	76.2	76.1	76.4	76.8

表 5 肉样品在-18 °C冻藏条件下蛋白质的测定结果(g/100 g)
Table 5 Determination results of protein in meat samples frozen at -18 °C (g/100 g)

样品编号	1 d	7 d	15 d	30 d	60 d	90 d	120 d	150 d	180 d	360 d
猪肉 1 号	9.53	9.39	12.4	13.7	14.7	13.0	18.6	19.8	18.0	17.9
猪肉 2 号	16.8	16.8	16.9	18.8	19.6	17.6	18.8	20.8	19.1	19.9
猪肉 3 号	15.8	15.3	13.7	14.2	14.7	14.1	18.3	19.2	18.2	18.1
牛肉 1 号	19.6	18.7	17.4	19.0	17.6	18.5	18.2	17.8	16.2	16.3
牛肉 2 号	16.8	18.5	16.9	19.4	17.3	18.6	18.9	19.9	17.8	17.9
牛肉 3 号	20.3	21.6	17.3	21.8	21.2	20.8	20.8	20.5	19.0	18.4
羊肉 1 号	15.8	15.6	18.4	18.6	16.6	16.9	17.2	16.3	15.5	15.1
羊肉 2 号	17.8	17.0	16.4	18.4	17.0	19.1	17.8	16.7	14.5	14.0
羊肉 3 号	20.1	19.5	15.9	17.1	20.9	20.2	20.2	20.1	18.9	18.3
鸡肉 1 号	22.2	21.2	20.6	20.7	19.9	20.1	19.8	19.2	18.7	18.1
鸡肉 2 号	19.9	18.6	19.0	19.2	22.2	20.6	20.6	19.6	18.1	18.9
鸡肉 3 号	18.6	19.8	17.8	21.5	21.3	21.0	20.0	19.8	18.0	17.8
鱼肉 2 号	21.2	20.4	15.9	20.6	20.4	20.4	20.3	18.7	17.5	18.0
鱼肉 3 号	18.2	18.1	17.6	19.1	19.6	18.9	19.3	19.1	18.0	17.7
虾肉 2 号	22.4	22.6	18.5	22.9	22.8	23.1	20.6	19.8	18.0	19.7
虾肉 3 号	21.2	21.2	20.1	19.8	21.0	21.3	21.2	21.9	20.3	19.9

2.5 脂肪测定结果

由表 6 可知, 鱼虾肉样品中的脂肪含量低于畜禽类肉样品。畜禽肉样品中, 鸡肉的脂肪含量最低, 猪肉的脂肪含量最高。在 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冻藏条件下, 各类肉样品的脂肪含量在一定范围内波动, 个别肉样品的脂肪含量较低, 可能是由于样品分装前搅拌不均匀导致的。

2.6 脂肪酸测定结果

由表 7 可知, 同种类的肉样品脂肪酸含量差异显著。其中猪肉样品中的脂肪酸含量最高, 大多在 $30\text{ g}/100\text{ g}$ 以

上, 畜禽肉样品中鸡肉的脂肪酸含量最低。鱼肉和虾肉的脂肪酸含量明显低于畜禽肉。实验中的肉样品在 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冻藏 360 d, 各类肉样品的脂肪酸含量在一定范围内波动。6 类肉样品中脂肪酸与脂肪的含量呈正相关, 均表现为猪肉>牛肉>羊肉>鸡肉>鱼肉>虾肉。脂肪酸对于肉品营养价值和风味的影响十分重要^[17-18], 脂肪酸的种类很多, 不同类型的脂肪酸所提供的风味及其在贮存过程中所发生的反应均不同^[19], 所以在未来的研究中, 可以从各类脂肪酸比例出发^[20], 来研究脂肪酸对肉品质量和营养价值的影响。

表 6 肉样品在 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冻藏条件下脂肪的测定结果(g/100 g)
Table 6 Determination results of fat in meat samples frozen at $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ (g/100 g)

样品编号	1 d	7 d	15 d	30 d	60 d	90 d	120 d	150 d	180 d	360 d
猪肉 1 号	45.0	40.8	41.3	34.0	35.6	38.1	32.0	44.1	47.5	43.5
猪肉 2 号	35.8	30.4	30.0	26.6	20.5	27.0	24.5	13.9	25.4	23.6
猪肉 3 号	36.1	35.4	34.0	34.9	43.9	40.9	27.0	33.9	38.7	29.4
牛肉 1 号	16.3	15.8	16.1	13.6	14.1	13.5	15.4	13.2	12.5	14.3
牛肉 2 号	14.4	15.1	13.2	13.8	15.4	18.3	16.9	10.4	12.3	9.8
牛肉 3 号	7.9	7.6	7.4	6.1	5.8	7.1	5.9	6.8	7.4	3.4
羊肉 1 号	22.9	21.3	22.1	16.4	23.1	22.5	20.3	21.9	33.1	17.0
羊肉 2 号	16.1	15.3	12.6	20.8	18.0	15.9	19.2	13.7	22.3	16.7
羊肉 3 号	19.8	13.8	12.9	19.3	19.3	18.8	24.2	17.4	26.7	18.7
鸡肉 1 号	2.2	2.1	2.1	2.7	1.8	2.3	3.4	1.7	1.5	3.4
鸡肉 2 号	2.0	2.0	1.8	3.8	1.9	3.0	2.5	2.0	1.9	5.1
鸡肉 3 号	2.6	2.5	1.5	2.0	1.7	3.1	2.4	1.6	2.1	2.6
鱼肉 2 号	0.8	1.2	1.1	1.7	1.5	1.0	1.0	2.3	1.2	1.6
鱼肉 3 号	2.3	2.0	2.0	3.7	1.8	2.9	3.2	2.9	2.0	3.0
虾肉 2 号	0.4	0.4	0.2	0.7	0.9	0.9	0.8	0.4	0.4	1.0
虾肉 3 号	0.5	0.4	0.4	0.6	0.4	0.7	0.8	0.4	0.3	0.6

表 7 肉样品在 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冻藏条件下脂肪酸的测定结果(g/100 g)
Table 7 Determination results of fatty acids in meat samples frozen at $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ (g/100 g)

样品编号	1 d	7 d	15 d	30 d	60 d	90 d	120 d	150 d	180 d	360 d
猪肉 1 号	41.70	40.70	40.60	34.16	37.23	36.23	30.87	38.41	46.49	40.25
猪肉 2 号	34.00	27.40	29.90	27.00	19.29	27.07	22.33	24.90	28.32	22.04
猪肉 3 号	34.40	37.10	32.10	33.45	39.82	29.68	27.28	33.82	33.25	30.84
牛肉 1 号	17.10	14.90	14.20	14.12	14.28	12.83	11.09	13.39	11.89	13.40
牛肉 2 号	11.50	11.70	13.10	10.92	16.45	15.56	12.27	13.67	12.54	10.22
牛肉 3 号	6.63	7.06	7.45	6.60	6.50	6.16	6.12	7.57	7.79	5.36
羊肉 1 号	21.60	17.50	20.20	16.00	18.70	12.96	11.47	20.69	20.76	21.23
羊肉 2 号	13.10	18.20	11.40	14.74	19.31	13.68	10.21	13.51	19.79	16.23

表 7(续)

样品编号	1 d	7 d	15 d	30 d	60 d	90 d	120 d	150 d	180 d	360 d
羊肉 3 号	12.70	14.70	21.50	16.47	15.98	16.44	25.18	23.64	23.18	17.77
鸡肉 1 号	2.03	2.65	2.61	2.69	1.79	1.95	3.23	2.17	2.47	2.38
鸡肉 2 号	2.03	2.02	2.36	3.96	1.77	2.51	2.21	1.96	2.80	2.71
鸡肉 3 号	2.58	2.33	2.47	2.10	2.03	3.10	2.20	2.78	2.22	2.63
鱼肉 2 号	0.80	1.39	1.31	1.14	1.40	1.11	0.90	1.49	1.36	1.59
鱼肉 3 号	0.42	0.61	0.72	3.17	1.79	2.58	1.98	2.37	2.64	2.61
虾肉 2 号	0.42	0.61	0.72	0.74	0.68	0.66	0.70	0.66	0.64	0.75
虾肉 3 号	0.72	0.60	0.60	0.67	0.54	0.70	0.69	0.66	0.63	0.66

3 结论与讨论

本研究对畜禽鱼虾肉在-18 °C冻藏过程中营养价值变化进行了研究。各类肉样品-18 °C冻藏 360 d, 蛋白质的含量在一定范围内波动。从营养价值来看, 单纯的蛋白质变化并不明显, 检测方法是根据氮含量进行检测, 因此无法对蛋白质是否优质、是否易于人体吸收作进一步判断。所以, 建议在之后的研究中, 对更具有特性的蛋白质和氨基酸进行测定, 以评价肉样品的营养价值。脂肪和脂肪酸含量在一定范围内波动, 总体变化不大, 其波动主要受样品分装、水分流失、脂肪氧化和分解等因素影响。结合感官评价来看, 产生了酸败的气味, 表明脂肪在冻藏期间被氧化。而酸败的气味并不强烈, 可以推断出冷冻能有效降低脂肪相关酶的活性, 延缓肉样品脂肪的氧化酸败。

综上所述, -18 °C冻藏 360 d, 各类肉样品的营养成分在一定范围内波动, 无明显变化趋势。结合感官、pH 和水分含量综合评价, 各类肉样品在-18 °C冻藏条件下能够保持良好的新鲜程度, 无明显的营养成分损失, 可以保持肉品原有的营养价值。

参考文献

- [1] 张敬毅, 张莉. 我国居民禽肉消费调查与趋势分析[J]. 中国禽业导刊, 2020, 37(3): 57-59.
ZHANG JY, ZHANG L. Investigation and trend analysis of poultry consumption in China [J]. Guide Chin Poultry, 2020, 37(3): 57-59.
- [2] 王琳, 赵建梅, 刘娜, 等. 我国生鲜畜禽产品消费偏好及其安全关注点分析[J]. 中国动物检疫, 2021, 38(2): 68-74.
WANG L, ZHAO JM, LIU N, et al. Analysis on the consumption preference for fresh livestock and poultry products and concerns for their safety in China [J]. China Anim Health Inspect, 2021, 38(2): 68-74.
- [3] 刘增金, 乔娟, 王晓华. 品牌可追溯性信任对消费者食品消费行为的影响-以猪肉产品为例[J]. 技术经济, 2016, 35(5): 104-111.
LIU ZJ, QIAO J, WANG XH. Influence of brand's traceability trust on consumers' food consumption behavior: Taking pork products as example [J]. J Technol Econ, 2016, 35(5): 104-111.

- [4] 李昂, 李卫华, 滕翔雁, 等. 我国居民肉类消费情况调查[J]. 中国动物检疫, 2020, 37(4): 35-38.
LI AN, LI WH, TENG XY, et al. Investigation on meat consumption in China [J]. China Anim Health Inspect, 2020, 37(4): 35-38.
- [5] 李宜哲, 程海芳, 范雯婷, 等. 我国冷却肉生产现状与技术研发进展[J]. 现代食品, 2018, (17): 39-41.
LI YZ, CHENG HF, FAN WT, et al. Current status and technology development of cooling meat in China [J]. Mod Food, 2018, (17): 39-41.
- [6] 刘冬明, 王远亮, 钟媛媛, 等. 冷却肉加工及质量控制[J]. 湖南畜牧兽医, 2019, (6): 35-37.
LIU DM, WANG YL, ZHONG YY, et al. Research on the processing and quality control of chilled meat [J]. Hunan J Anim Sci Vet Med, 2019, (6): 35-37.
- [7] 张帅, 徐乐, 梁小慧, 等. 肉类冷冻解冻技术研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(16): 5363-5368.
ZHANG S, XU L, LIANG XH, et al. Research progress of freezing and defrosting technology of meat product [J]. J Food Saf Qual, 2019, 10(16): 5363-5368.
- [8] NYCHAS GJ, SKANDAMIS PN, TASSOU CC, et al. Meat spoilage during distribution [J]. Meat Sci, 2008, 78(1): 77-89.
- [9] ERCOLINI D, CASABURI A, NASI A, et al. Different molecular types of *Pseudomonas fragi* have the same overall behaviour as meat spoilers [J]. Int J Food Microbiol, 2010, 142(1-2): 120-131.
- [10] JOL S, KASSIANENKA A, WSZOL K, et al. The cold-chain, one link in Canada's food initiative [J]. Food Control, 2007, 18(6): 713-715.
- [11] ARANNILEWA ST, SALAWU SO, SORUNGBE AA. et al. Effect of frozen period on the chemical, microbiological and sensory quality of frozen tilapia fish (*Sarotherodon galiaemus*) [J]. Nutr Health, 2005, 4(8): 852-855.
- [12] 肖和良. 试论破解中国“调猪”向“调肉”转变困境的方法[J]. 猪业科学, 2020, 37(9): 134-137.
XIAO HL. On the solution to the dilemma of transporting live pigs to the pork in China [J]. Swine Ind Sci, 2020, 37(9): 134-137.
- [13] 陈清敏. 反复冻融牛肉品质变化评价技术的适用性研究[D]. 无锡: 江南大学, 2020.
CHEN QM. The applicability study of techniques in evaluating the quality changes of repeated freeze-thaw beef [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2020.

- [14] HATI S, ZULIANTI I, ACHYAR A, *et al.* Perceptions of nutritional value, sensory appeal, and price influencing customer intention to purchase frozen beef: Evidence from Indonesia [J]. *Meat Sci*, 2021, 172: 108306.
- [15] 王策. 含氧气调包装对冷却肉持水性的影响机制[D]. 北京: 中国农业科学院, 2018.
- WANG C. The effect of different oxygen concentrations in modified atmosphere packaging on water holding capacity of chilled meat [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2018.
- [16] 程述震, 王志东, 张春晖, 等. 肉及肉制品中蛋白氧化的研究进展[J]. *食品工业*, 2017, 38(1): 230–234.
- CHENG SZ, WANG ZD, ZHANG CH, *et al.* Progress of protein oxidation in meat and meat products [J]. *Food Ind*, 2017, 38(1): 230–234.
- [17] 谢希杨, 孙万成, 罗毅皓. 脂肪酸鉴定及其在牦牛乳、牦牛肉品质分析中的应用[J]. *中国油脂*, 2021, 46(3): 134–141.
- XIE XY, SUN WC, LUO YH. Fatty acid identification and its application in yak milk and yak meat quality analysis [J]. *China Oils Fats*, 2021, 46(3): 134–141.
- [18] 荀文, 王桂瑛, 谷大海, 等. 鸡肉中脂肪酸的研究进展[J]. *食品研究与开发*, 2020, 41(21): 214–219.
- XUN W, WANG GY, GU DH, *et al.* Review on fatty acid in muscle tissues of chicken [J]. *Food Res Dev*, 2020, 41(21): 214–219.
- [19] 尉立刚, 柴雅婷, 郭超然, 等. 冷冻储藏对猪肉、羊肉和牛肉中脂肪酸

含量变化的影响[J]. *中国科技论文*, 2019, 14(4): 385–390.

WEI LG, CAI YT, GUO CR, *et al.* Effects of frozen storage on fatty acid content in pork, mutton and beef [J]. *China Sci*, 2019, 14(4): 385–390.

- [20] MUGUREL M, ROXANA L, MARIUS C, *et al.* Effect of freezing and freezing time on profile in fatty acids of deer meat [J]. *J Biotechnol*, 2018, 280: 58.

(责任编辑: 张晓寒 于梦娇)

作者简介



孔凡华, 硕士, 工程师, 主要研究方向为食物营养分析检测。
E-mail: 605085941@qq.com



崔亚娟, 博士, 研究员, 主要研究方向为食物营养分析检测及应用研究。
E-mail: cuiyj66@163.com