



口腔加工对于不同含盐量干腌肉 蛋白质组分及味觉特征变化的影响

田 星^{1,2}, 肖淑婷^{1,3}, 李宗军^{1,4*}, 查 杰¹, 徐子悟¹, 任 锐¹, 王浩东¹
(1.湖南中医药大学药学院, 湖南 长沙 401208; 2.湖南农业大学食品科学技术
学院, 湖南 长沙 410128; 3.华中农业大学食品科学技术学院, 湖北 武汉 430070;
4.食品科学与生物技术湖南省重点实验室, 湖南 长沙 410128)

摘要: 为研究口腔加工对于不同含盐量干腌肉味觉指标变化的影响, 通过分析咀嚼前后食团样本不同溶解性蛋白质质量浓度的变化并进行SDS-PAGE电泳检测, 同时使用电子舌技术测定其味觉指标。结果表明, 咀嚼前后SDS总可溶性蛋白质差异较小, 水溶性蛋白随着食盐含量增高损失量增多, 盐溶性蛋白在咀嚼前后的变化趋势一致, 而口腔加工过程也导致不同溶解性蛋白质的SDS-PAGE电泳蛋白条带发生一定变化。咀嚼前鲜味、丰富度、咸味是有效的味觉指标, 而咀嚼后各味觉值接近于无味点。推测在口腔加工过程中, 干腌肉制品风味变化与蛋白降解关系较小, 干腌肉制品中蛋白质降解产物主要与苦味回味、涩味、涩味回味有关。

关键词: 干腌肉; 含盐量; 蛋白质组分; 电子舌技术; 味觉特征

中图分类号: TS 207.3 文献标志码: A 文章编号: 1005-9989(2020)01-0178-08

DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2020.01.029

Effect of Oral Processing on Protein Components and Taste Characteristics of Dry Cured Meat with Different Salt Content

TIAN Xing^{1,2}, XIAO Shuting^{1,3}, LI Zongjun^{1,4*}, ZHA Jie¹, XU Ziwu¹, REN Rui¹, WANG Haodong¹

(1.College of Pharmacy, Hunan University of Chinese Medicine, Changsha 401208, China;
2.College of Food Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha
410128, China; 3.College of Food Science and Technology, Huazhong Agricultural
University, Wuhan 430070, China; 4.Hunan Province Key Laboratory of Food Science and
Biotechnology, Changsha 410128, China)

Abstract: In order to study the effect of oral processing on taste characteristics of dry cured meat with different salt content, the changes of different soluble protein concentrations in dry cured meat samples before and after mastication were analyzed and detected by SDS-PAGE electrophoresis. At the same time, the taste characteristics were determined by electronic tongue. The results showed that there was

收稿日期: 2019-09-23

*通信作者

基金项目: 2019年湖南省自然科学基金青年项目(2019JJ50450); 2019年国家级大学生创新创业训练项目(201910541011X); 2019湖南省农业产业技术体系项目(湘农发2019-105); 湖南中医药大学食品科学一级学科项目(4901-020000200902)。

作者简介: 田星(1986—), 女(土家族), 博士研究生, 讲师, 研究方向为动物源食品风味释放与人类健康、食品生物技术。





little difference in the total soluble protein of SDS before and after mastication. With the increase of salt content, the water-soluble protein loss increased in dry cured meat. The change trend of salt-soluble protein was similar before and after mastication. However, food oral processing process also led to some changes in SDS-PAGE protein bands of different soluble proteins. Umami, richness and saltiness are the effective taste indexes before chewing, while the taste values after chewing are close to the tasteless points. It is speculated that the flavor change of dry cured meat products has little relationship with protein degradation during the oral processing, and the protein degradation products in dry cured meat are mainly related to bitter aftertaste and astringent aftertaste.

Key words: dry cured meat product; salt content; protein components; electronic tongue technology; taste characteristics

氯化钠(食盐, NaCl)作为一种重要的食品添加剂, 有助于提高食品的口感、质地和货架期^[1]。众所周知, 食盐添加量对肉制品的品质风味起决定性作用。首先, 食盐能够促进肌原纤维蛋白发生溶解和溶胀, 较多析出干腌肉制品中的肌原纤维蛋白, 同时也能赋予干腌肉制品良好的滋味和风味, 此外食盐可使蛋白质发生变性重组形成凝胶, 改善肌肉的嫩度和多汁性^[2]。我国传统干腌肉制品以其高盐含量(>5%)产生独特的风味而广受欢迎, 但是食盐摄入量过高会导致高血压、骨质疏松和肾结石的风险增加, 因此有必要减少食盐摄入量^[3]。

在人们健康意识明显提高的今天, 食盐含量较高的传统肉制品, 不符合现代饮食的发展方向, 限制了传统肉制品行业的发展, 导致其市场竞争力降低。近年来, 为了适应时代发展, 满足人们对低盐饮食的需要, 国内外已有一些学者开始对低盐肉制品进行研究。但是, 要实现低钠盐加工肉制品的工业化生产, 尚有许多问题亟待解决^[4], 目前国内外研究集中于研究降低肉制品中钠盐的途径, 而从食品风味学和人体感知的角度出发, 研究口腔加工对肉制品风味感知与味觉特征变化的影响的研究较少^[5]。而事实上, 对肉制品风味感知与味觉特征变化的研究, 将为有效降低肉制品中食盐含量, 提高肉制品安全和人类健康水平提供理论指导和新思路。

在肉类产品中, 食盐的功能是复杂的, 因此, 减少盐所引起的反应与产品特异性高度相关, 主要限制因素是消费者接受制造的低钠产品^[6]。近些年, 电子舌因操作简单、重复性好逐渐用于肉制品的风味分析, Nodake^[7]使用人工味道传感器评估熟肉制品在腌制过程中口味的变化。

风味物质必须通过食团与唾液接触, 然后迁

移到唾液受体界面, 风味物质与离子通道受体相互作用, 随后导致味觉(超阈值)。在这个过程中, 食物在咀嚼时经牙齿破碎和唾液作用, 导致氯化钠在食团与唾液间进行传质转移, 最终融合形成相互黏连的食团^[8]。咀嚼过程中, 由于唾液的加入, 食物被压缩和剪切的咬合力破碎, 所得到的混合物通过小颗粒的凝聚形成黏性丸体, 以便引发吞咽^[13]。而在传统的食品感官评价研究中, 完全忽略了唾液在口腔加工和感官认知中的关键作用。

因此, 针对我国传统肉制品中食盐用量过多的问题, 以咀嚼前后的不同食盐含量的干腌肉食团作为研究对象(咀嚼后的样本选取自然吞咽点时的食团), 从蛋白质组分的角度并且借助电子舌技术, 研究咀嚼前后干腌肉样本的蛋白质组分及特征味觉指标的变化, 以期对低盐干腌肉制品的研制提供新思路。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

猪里脊肉: 湖南伟鸿食品有限公司同一批次的样本; 高度白酒(邵阳大曲52°)、食盐、味精、精制白砂糖: 市售; 蛋白测定试剂盒(双缩脲法): 南京建成生物科技有限公司; 十二烷基硫酸钠-聚丙烯酰胺凝胶电泳(SDS-PAGE)凝胶快速配制试剂盒、蛋白上样缓冲液(5×)、蛋白质分子质量标准: 碧云天生物有限公司; 其他常见试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

CP413型电子天平: 奥豪斯仪器(上海)有限公司; FW-400A型高速万能粉碎机、DZKW-4型电子恒温水浴锅: 北京中兴伟业仪器有限公司; TS-sa402b型电子舌-味觉分析系统: 日本INSENT公



司; WD-9405F脱色摇床: 北京六一生物科技有限公司; EPS 300型电泳仪: 上海天能科技有限公司; 721型可见分光光度计: 上海舜宇恒平科学仪器有限公司; FSH-2型可调速匀浆器: 金坛市大地自动化仪器厂; TGL16M型离心机: 湖南湘立科学仪器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 感官评定员筛选及培训 通过招募50名在校食品科学与工程专业学生, 参照GB/T 16291.1—2012《感官分析选拔、培训与管理评价员一般导则》中所述方法, 要求感官评定员口腔健康无牙疾, 咀嚼、吞咽及唾液分泌能力正常, 且在筛选实验中, 对其咀嚼时间、次数及风味感知能力进行记录, 最终筛选出10名感官评价员(5名男生, 5名女生)。

1.3.2 样本的制备 新鲜猪里脊肉去除可见脂肪和结缔组织, 切片选取200 g, 加入相同量白酒(2%)、白糖(1.5%)、味精(0.3%), 再分别加入不同质量分数的食盐(0、1.0%、3.0%、5.0%、7.0%), 搅拌均匀, 腌制3 d(每隔24 h翻搅一次)。将腌制好的肉条放到鼓风干燥箱中风干, 温度控制为30℃, 每隔24 h上下层板互换, 风干7 d。

蒸煮(咀嚼前)干腌肉样本: 将干制后不同食盐含量的干腌肉切片(约4 g/片), 置于蒸锅中, 沸水蒸煮30 min, 待冷却至室温, 置于搅碎机中搅碎备用即为咀嚼前样本。

食团(咀嚼后)干腌肉样本: 将干制后不同食盐含量的干腌肉切片(约4 g/片), 置于蒸锅中, 沸水蒸煮30 min, 置于干净纸杯中, 感官评定员对样本进行咀嚼, 要求评定员咀嚼但不吞咽食团, 至自然吞咽点后吐出并记录好从开始至吐出的时间, 每个样品的咀嚼完成后, 感官评价员将食团样本(约8 g)吐入20 mL的EP试管中, 口腔残渣不收集, 即为咀嚼后食团样本。将各评价员自然吞咽点的食团收集起来并混合从中称取质量50 g的样本放入封装袋中抽真空后, 冷冻备用。

1.3.3 不同溶解性蛋白质的提取 分别准确称取咀嚼前后肉样2.000 g于50 mL离心管中, 加入40 mL 50 g/L(85℃)的十二烷基硫酸钠(SDS)溶液, 5000 r/min匀浆2 min(每隔30 s停一下, 防止过热), 85℃水浴保温1 h, 10000 r/min离心15 min, 上清液为SDS总可溶性蛋白质溶液。

分别准确称取咀嚼前后肉样2.000 g于50 mL

离心管中, 加入16 mL纯化水, 5000 r/min匀浆2 min, 25℃静置1 h, 10000 r/min离心15 min, 上清液为水溶性蛋白质溶液。

分别准确称取咀嚼前后肉样2.000 g于50 mL离心管中, 加入16 mL 0.2 mol/L pH6.5的磷酸盐缓冲液(含0.6 mol/L NaCl, 0.03 mol/L MgCl₂), 5000 r/min匀浆2 min, 4℃静置18 h, 10000 r/min离心15 min, 取上清液, 即为盐溶性蛋白质溶液。

用双缩脲法测定蛋白质质量浓度, 按照试剂盒要求进行测定, 蛋白质溶液定量后立即使用或置于-20℃备用。

1.3.4 不同食盐含量干腌肉制品蛋白质不同溶解性蛋白质SDS-PAGE电泳分析 将提取的SDS总可溶性蛋白质、水溶性蛋白质、盐溶性蛋白质分别用提取液稀释至质量浓度为1 mg/mL左右, 按比例与上样缓冲液混合, 沸水煮沸5 min, 10000 r/min离心2 min, 上清液为待测电泳样品。按照试剂盒指导配制12%的分离胶和5%的浓缩胶, 上样量10 μL, 120 V恒压20 min, 150 V恒压至终点。用考马斯亮蓝R250染色1 h, 脱色至背景无色, 扫描图谱并分析条带。

1.3.5 电子舌味觉特征分析 准确称取50.00 g样本于搅拌机中, 加入4倍体积的纯净水(40℃保温), 搅拌1 min, 倒入500 mL离心管中, 3000 r/min离心10 min, 离心后静置, 待两相明显分离, 取出上清液, 即为待测样品, 上机检测。

1.4 数据处理

采用SPSS 22.0和Prism 6.0对实验数据进行统计、分析, 采用LSD检验组间差异, $P < 0.05$ 表示差异显著, 反之则不显著。

2 结果与分析

2.1 咀嚼前后不同含盐量的干腌肉蛋白质含量的差异分析

2.1.1 SDS总可溶性蛋白质含量的差异分析 由图1可知, 咀嚼前后SDS总可溶性蛋白质含量的变化趋势大致相同, 但是咀嚼作用使其提取量略微减少。Ovissipour等^[10]的研究发现, 温度会显著影响蛋白质的降解, 温度越高, 蛋白质的降解就越强, 由此可以推测, 由于蒸煮作用, 导致其他溶解性蛋白质发生变性聚集, 转化成SDS总可溶性蛋白质, 因此, 总可溶性蛋白含量变化不明显。

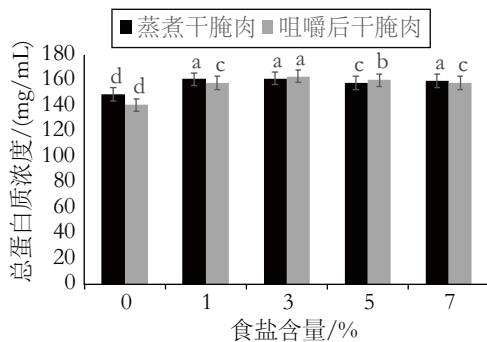


图1 咀嚼前后不同食盐含量干腌肉样本SDS总可溶性蛋白质的差异

2.1.2 水溶性蛋白质含量的差异与分析

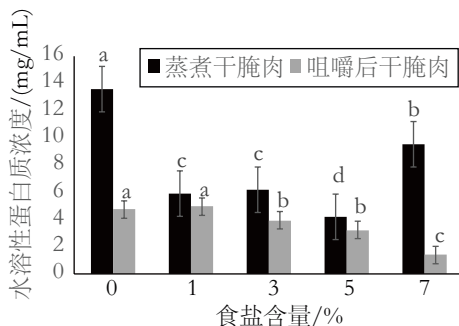


图2 咀嚼前后不同食盐含量干腌肉样本水溶性蛋白质的差异

由图2可知,咀嚼作用对于水溶性蛋白的作用明显,咀嚼后的食团样本,随着样本中食盐含量的增加,水溶性蛋白损失量越多。水溶性蛋白是指易溶于水的蛋白质,食盐含量越高,样本的渗透压越高,从而导致水溶性蛋白含量的变化,并且在蒸煮过程中由于高温变性聚集形成不溶性蛋白质^[11]。孙丽等^[12]以金枪鱼为研究对象,发现其蛋白质组分随着温度的上升,水溶性蛋白含量急剧减少。在咀嚼过程中,唾液会溶入食团中,引起食团体质量增加^[13],而水溶性蛋白会随唾液溶出,因此咀嚼后的食团水溶性蛋白在提取液中的溶出量也减少。

2.1.3 盐溶性蛋白质含量的差异分析 由图3可知,咀嚼后的盐溶性蛋白含量减少。盐溶性蛋白在咀嚼前后的变化趋势是一致的,在食盐含量0~3%时下降,在5%的食盐添加量时增加,食盐添加量为7%时再减少,食盐添加量为3%时提取量最低。研究表明,虽然蒸煮作用、咀嚼作用会导致盐溶性蛋白减少,但是其影响作用小于不同食盐添加量对其的影响作用。盐溶性蛋白质的提取是肉类乳剂的重要组成部分^[14],它依赖于多种因

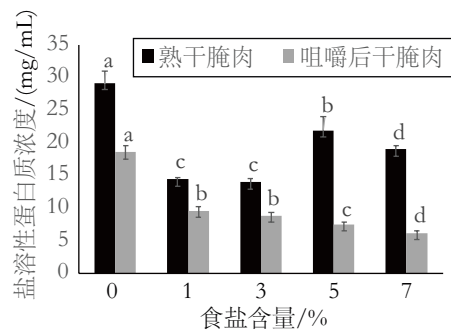


图3 咀嚼前后不同食盐含量干腌肉样本盐溶性蛋白质的差异

素。Tobin等^[15]从不同食盐含量的猪肉、牛肉、鸡肉中提取盐溶性蛋白,最终发现不同物种来源盐溶蛋白含随盐浓度的增加而增加。因此认为食盐是影响盐溶性蛋白提取的重要因素。

2.2 咀嚼前后不同含盐量的干腌肉SDS-PAGE电泳分析

2.2.1 SDS总可溶性蛋白质的SDS-PAGE电泳分析

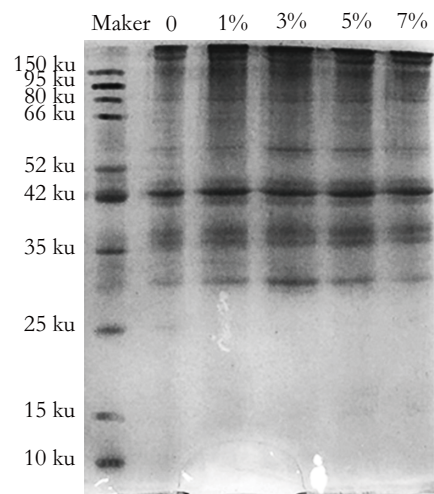


图4 咀嚼前干腌肉SDS总可溶性蛋白SDS-PAGE条带

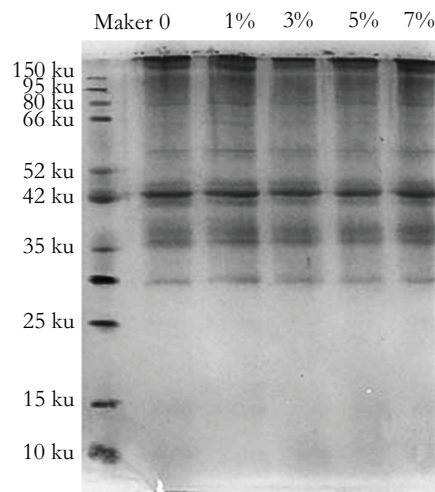


图5 咀嚼后干腌肉SDS总可溶性蛋白SDS-PAGE条带

由图4、图5可知,与SDS总可溶性蛋白质提取量变化趋势相比,SDS总可溶性蛋白质的图谱条带深浅变化一致,无较大差异。仅在3%食盐含量的30 ku附近出现了一些变化,在咀嚼后颜色变浅。但总体看来,可能是唾液酶对总可溶性蛋白无明显降解作用。

2.2.2 水溶性蛋白质的SDS-PAGE电泳

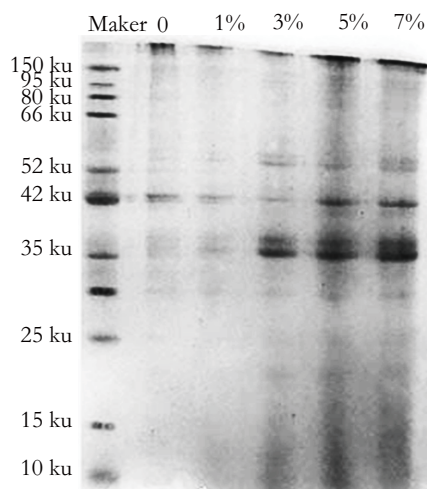


图6 咀嚼前干腌肉水溶性蛋白SDS-PAGE条带

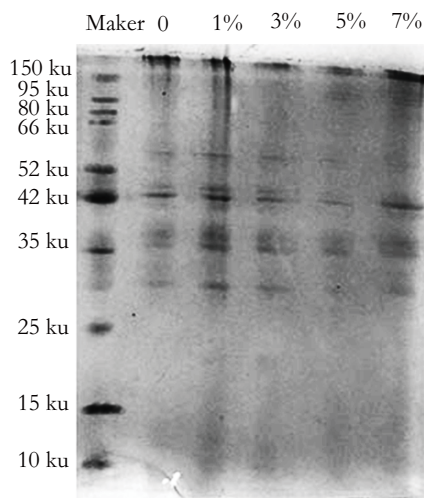


图7 咀嚼后干腌肉水溶性蛋白SDS-PAGE条带

由图6、图7可知,咀嚼前水溶性蛋白质的条带颜色较浅,食盐含量0、1%所对应的条带接近于消失,而3%~7%的食盐含量在35 ku可观察到较清晰的条带,与测定的水溶性蛋白浓度变化规律一致,咀嚼后的水溶性蛋白条带变浅,可以说,水溶性蛋白溶于唾液,由于咀嚼作用而溶出减少。

2.2.3 盐溶性蛋白质的SDS-PAGE电泳 由图8、图9可知,咀嚼前后盐溶性蛋白的各蛋白条带颜

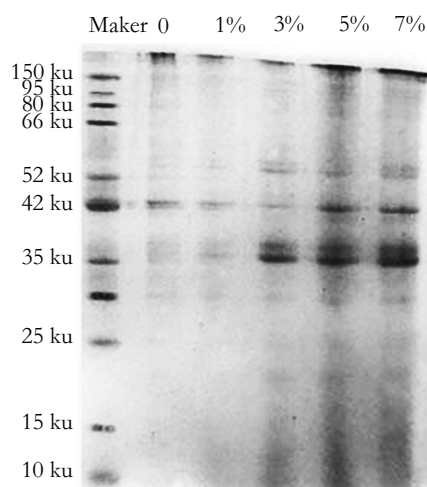


图8 咀嚼前干腌肉盐溶性蛋白SDS-PAGE条带

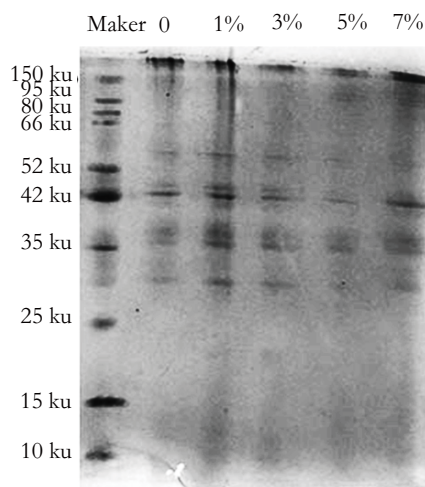


图9 咀嚼后干腌肉盐溶性蛋白SDS-PAGE条带

色很浅,是因为盐溶性蛋白受高温蒸煮作用影响,变性聚集为SDS总可溶性蛋白^[16]。咀嚼后样本27~30 ku的条带略微增加,这可能是由于咀嚼过程中食团样本与唾液蛋白结合所引起的。陈建设等^[17]提出由于唾液蛋白质的存在,唾液也可以作为一种有效的乳化剂在口腔咀嚼油脂含量丰富的食物过程中发挥作用,因此研究发现唾液蛋白条带在27 ku与55 ku,该结论与本实验推测基本一致。

2.3 电子舌分析咀嚼前后不同含盐量的干腌肉味觉特征

2.3.1 咀嚼前后不同含盐量的干腌肉味觉特征的雷达图分析 由图10、图11可知,咀嚼前后的样品的酸味明显在无味点以下。由图10可知,咀嚼前干腌肉的苦味、苦味回味、涩味、涩味回味也都接近于无味点,而鲜味、丰富度、咸味明显高

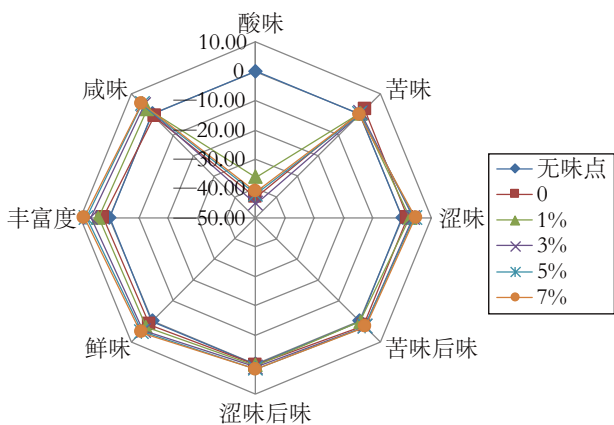


图10 咀嚼前干腌肉味觉指标雷达图

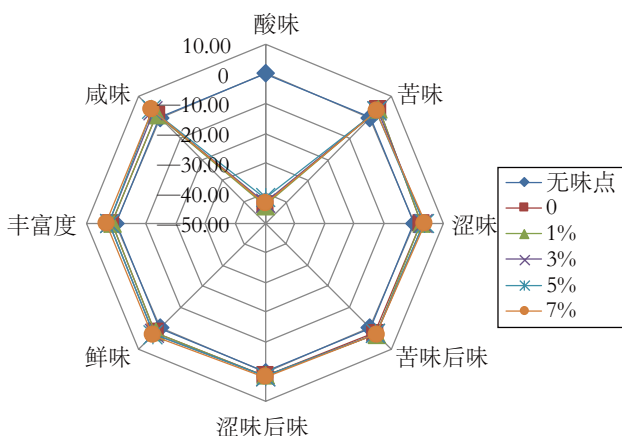


图11 咀嚼后干腌肉味觉指标雷达图

于无味点，而其中，随着食盐含量的不同，丰富度及咸味变化明显。

由图11可知，咀嚼后干腌肉样本各味道均较接近于无味点，在苦味、涩味、苦味后味及咸味略微高于无味点。食团样本是感官评定员在自然吞咽点时的咀嚼样本，在咀嚼过程中当食团达到一定的流变学指标时，大脑就会发出吞咽的指令，因此触发吞咽。由此推测，感官评定员达到吞咽点时的影响因素，如水分含量、脂肪含量、黏度、润滑度^[18]等会导致食团的味道味觉值处于一个较为平衡的状态。

2.3.2 不同处理方式对干腌肉各种味觉值的影响

2.3.2.1 咸味指标的分析 咸味是不同食盐添加量腌制的干腌肉样本最主要关注的味觉指标，样品的含盐量为0~7%，可推测其咸味应该是随着含盐量的增加而增大。从咸味折线图可见随着含盐量的增加咸味增强，咀嚼前干腌肉在0~3%阶段随着含盐量的增加，样品的咸味几乎呈直线增加，而3%~7%的干腌肉样本虽然含盐量增大，但咸味的增幅可见明显降低，尤其是5%和7%的

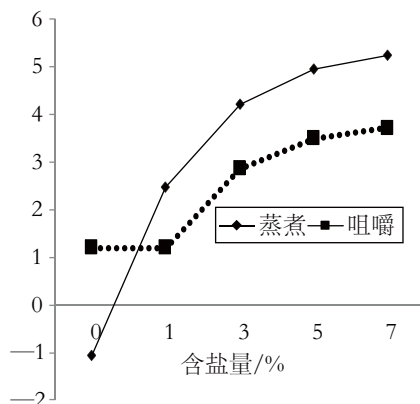


图12 咸味指标的分析

干腌肉的咸味非常接近。这说明，食盐添加量到达一定值后，对咸味的增加作用减弱。

不同食盐含量的干腌肉制品咀嚼后食团的味觉特征上存在一定差异，但整体咸味小于咀嚼前，随着食盐用量的增加，食团的咸味也逐渐增强。其中含盐量1%的食团与0的食团在咀嚼后咸味一致，含盐量超过3%后食团的咸味明显增强，食盐添加量5%~7%咀嚼后咸味也较为接近。

2.3.2.2 鲜味和丰富性指标的分析

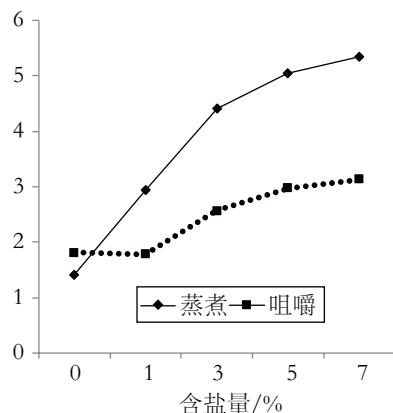


图13 鲜味指标的分析

鲜味和丰富性(鲜味的回味)也是加工肉制品非常重要的味觉指标，将鲜味和丰富性与含盐量分别制成折线图，可见鲜味和丰富性与含盐量的关系相似，随着含盐量的增加，鲜味及丰富性均增加。

食盐添加量0的鲜味反映了干腌肉本身鲜味的情况；加盐使鲜味及丰富性增强，尤其是经过咀嚼前的干腌肉样本，食盐使得肉的鲜味和丰富性明显增强。从折线图中可见咀嚼干腌肉样品的鲜味和丰富性变化趋势小。而咀嚼后含盐量低的干

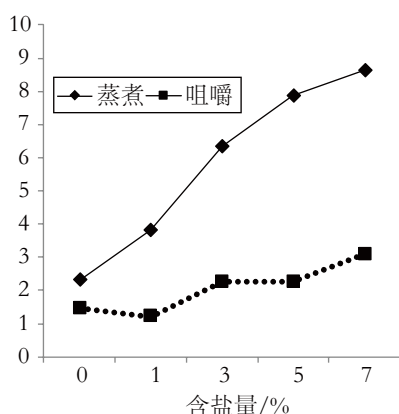


图14 丰富性指标的分析

腌肉样本的鲜味和丰富性差异不大。

2.3.2.3 涩味与苦味的分析

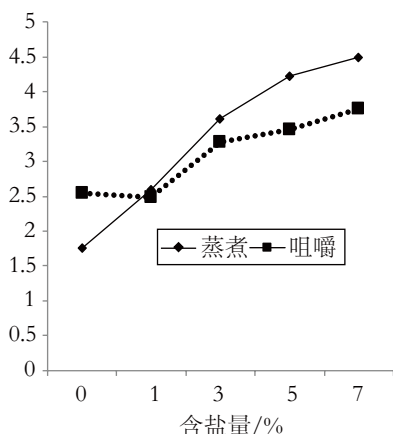


图15 涩味指标的分析

苦味和涩味也是干腌肉制品有效且重要的味觉指标。该苦味并不同于咖啡、茶等样品的苦涩，低浓度下的苦味反映了样品味道的丰富感，一般是作为被测样品的复杂性、风味、丰富性等指标。对于干腌肉样品的涩味则有可能是样品中的调味料、辛香料等对涩味传感器的应答。

由图15和图16可见，苦味和涩味的关系相反，随着食盐添加量的增加，苦味被抑制，但是涩味越发明显。咀嚼前后干腌肉苦味有明显的差异，咀嚼后干腌肉苦味明显的，而涩味无明显差异。

由图16可知，随着食盐用量的增加，苦味被抑制。Fitzgerald等^[19]提出NaCl是一种应用于蛋白质水解物中抑制苦味的有效、廉价的方法。而Xu等^[20]研究表明，NaCl对于苦味的抑制作用是由于疏水相互作用的减少，因为加入氯化钠会降低颗粒的粒径、浊度、电位等，从而减少苦味

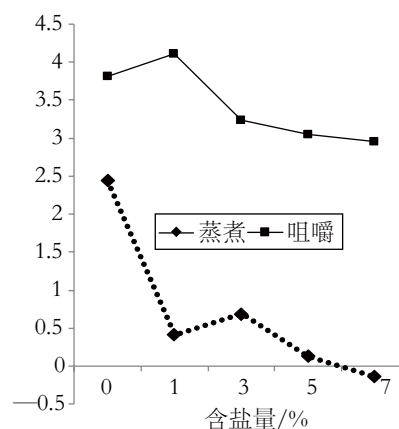


图16 苦味指标的分析

的产生。

3 结论

咀嚼前后干腌肉样本雷达图各味觉指标均有差异，而SDS-PAGE电泳蛋白条带无明显变化。说明在口腔加工过程中，风味的产生和释放与蛋白降解关系较小。可溶性蛋白质、水溶性蛋白质、盐溶性蛋白的含量在咀嚼前后变化不明显，并且苦味回味、涩味、涩味回味等在咀嚼后变化较小，而食盐可以通过抑制苦味而提高食物的风味。另外，5%和7%食盐添加量的干腌肉的咸味特征非常接近。事实上，3%~5%食盐含量明显低于市面腌肉制品7%~8%的食盐含量，这说明在保证干腌肉风味和营养的同时，可以控制和减少食盐添加量，从而确定一个最优干腌肉制品加工配方。因此，本研究将为降低肉制品中食盐含量、提高肉制品安全和人类健康水平提供理论指导和新思路。

参考文献:

- [1] Albarracin W, Sanchez IC, Grau R, et al. Salt in food processing: usage and reduction: a review[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2011, 46(7): 1329-1336.
- [2] Calanche J, Tomas A, Martinez S, et al. Relation of quality and sensory perception with changes in free amino acids of thawed seabream (*Sparus aurata*)[J]. Journal of Food Research International, 2019, 119(1): 126-134.
- [3] Desmond E. Reducing salt: A challenge for the meat industry[J]. Meat Science, 2006, 74(1): 188-196.
- [4] 刘成花, 李顺, 张雅玮, 等. 低钠干腌肉加工过程中肌肉结缔组织特性[J]. 食品科学, 2018, 39(1): 91-98.
- [5] Ayyash M M, Sherkat F, Shah N. Effect of partial NaCl substitution with KCl on the texture profile, microstructure



- and sensory properties of low-moisture mozzarella cheese[J]. Journal of Dairy Research,2013,80(1):7-13.
- [6] Saowakon Wattanaehant, Soottawa Benjakul, David A, et al. Effect of heat treatment on changes in texture, structure and properties of Thai indigenous chicken muscle[J]. Food Chemistry,2005,93:337-348.
- [7] Nodake K, Numata M, Kosai K, et al. Evaluation of changes in the taste of cooked meat products during curing using an artificial taste sensor[J]. Animal Science Journal,2013,84(8):613-621.
- [8] Mosca A C, Feron G, Chen J. Saliva and Food Oral Processing[J]. Journal of Texture Studies,2019,50(1):4-5.
- [9] Kostyra E, Wasiak-Zys G, Rambuszek M, et al. Determining the sensory characteristics, associated emotions and degree of liking of the visual attributes of smoked ham. A multifaceted study[J]. LWT-Food Science and Technology,2016,65:246-253.
- [10] Ovissipour M, Rasco B, Tang J, et al. Kinetics of Protein Degradation and Physical Changes in Thermally Processed Atlantic Salmon (*Salmo salar*)[J]. Food and Bioprocess Technology,2017,10(10):1865-1882
- [11] Verbeke W, Smet S D, Vackier I, et al. Role of intrinsic search cues in the formation of consumer preferences and choice for pork chops[J]. Meat Science,2005,69(2):343-354.
- [12] 孙丽,夏文水.蒸煮对金枪鱼肉及其蛋白质热变性的影响[J].食品与机械,2010,26(1):22-25.
- [13] Mioche L, Bourdiol P, Monier S. Chewing behaviour and bolus formation during mastication of meat with different textures[J]. Archives of Oral Biology,2003,48(3):193-200.
- [14] Lillford V. Texture and acceptability of human foods. J F V Vincent, P J Lillford, Eds. Feeding and the texture of food[M]. Cambridge:Cambridge University Press,1991:231-243.
- [15] Tobin B D, O Sullivan M G, Hamill R M, et al. Effect of varying salt and fat levels on the sensory and physiochemical quality of frankfurters[J]. Meat Science, 2012,92(4):659-666.
- [16] 鞠健,乔宇,汪超,等.不同温度对白鲢鱼肉在蒸煮过程中品质的影响[J].食品工业科技,2016,37(24):121-127.
- [17] Glumac M, Qin L, Chen J, et al. Saliva could act as an emulsifier during oral processing of oil/fat[J]. Journal of Texture Studies,2019,50:83-89
- [18] 刘登勇,邓亚军,韩耀辉,等.红烧肉咀嚼过程中唾液分泌对食团特性和吞咽动作的影响[J].食品工业科技,2017, 13:42-47.
- [19] Fitzgerald R J, O Cuinn G. Enzymatic debittering of food protein hydrolysates[J]. Biotechnology Advances, 2006,24(2):234-237.
- [20] Qingbiao Xu, Hui Hong, Wenlin Yu, et al. Sodium Chloride Suppresses the Bitterness of Protein Hydrolysates by Decreasing Hydrophobic Interactions[J]. Journal of Food Science,2018,10(10):1-6.

食品科技采编平台: <http://www.e-foodtech.cn/>

食品科技认证博客:

<http://blog.sina.com.cn/shipinkj>

食品科技认证微博: <http://weibo.com/shipinkj/>

食品科技微信账号: shipinkj