



口腔加工过程中传统干腌肉咸味释放规律

田 星^{1,2}, 陈 敏^{2,3}, 周明玺¹, 李宗军^{1,4,*}

(1.湖南农业大学食品科学技术学院, 湖南 长沙 410128; 2.湖南中医药大学药学院, 湖南 长沙 401208;
3.暨南大学理工学院, 广东 广州 510632; 4.湖南农业大学 食品科学与生物技术湖南省重点实验室, 湖南 长沙 410128)

摘 要: 招募50名食品专业在校学生, 筛选、培训10人组成感官评定小组, 10名感官评定员在自由咀嚼状态下咀嚼干腌肉样品并在不同咀嚼阶段收集食团及唾液。通过测定咀嚼过程中食团的水分含量、pH值、NaCl含量和唾液pH值、电导率以及使用电子舌检测分析其味觉特征, 研究口腔加工过程中传统干腌肉的咸味释放规律。结果表明: 咀嚼过程中食团的水分含量显著增加, NaCl含量持续降低, pH值无显著变化; 从咀嚼开始到咀嚼终点唾液分泌量显著上升, 唾液电导率持续升高; 由电子舌检测分析可知, 干腌肉咀嚼过程中, 咸味的释放规律为先上升后下降趋势, 且在30%咀嚼阶段咸味释放达到最高值。

关键词: 传统干腌肉; 食团; 唾液; 咀嚼; 咸味释放规律

Release Pattern of Salt from Traditional Dry-Cured Meat during Oral Processing

TIAN Xing^{1,2}, CHEN Min^{2,3}, ZHOU Mingxi¹, LI Zongjun^{1,4,*}

(1.College of Food Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China;
2.College of Pharmacy, Hunan University of Chinese Medicine, Changsha 401208, China;
3.College of Science and Engineering, Jinan University, Guangzhou 510632, China;
4.Hunan Provincial Key Laboratory of Food Science and Biotechnology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

Abstract: A group of 50 food program students at Hunan Agricultural University were recruited and screened in order to create a 10-member sensory panel. The panel was asked to chew dry-cured meat samples in free chewing. At different chewing stages, bolus samples were collected to measure their moisture content, pH value and sodium chloride content, and saliva samples were also collected to determine their pH value and conductivity. Besides, an electronic tongue was used to dynamically trace the taste characteristics of dry-cured meat during chewing. Our aim was to investigate the pattern of change in salty taste during the oral processing of traditional dry-cured meat. The experimental results obtained showed that the moisture content of the bolus increased significantly during the chewing process, the sodium chloride content continued to decrease, but there was no significant change in the pH value. The amount of saliva secreted from the beginning to end of chewing increased significantly, and the conductivity of saliva continued to increase. According to the results of electronic tongue analysis, salt release rose initially and then decreased, reaching the highest value in the 30% chewing stage.

Keywords: traditional dry-cured meat; bolus; saliva; chewing; salt release pattern

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20190924-227

中图分类号: TS251.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2019) 12-0001-06

引文格式:

田星, 陈敏, 周明玺, 等. 口腔加工过程中传统干腌肉咸味释放规律[J]. 肉类研究, 2019, 33(12): 1-6. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20190924-227. <http://www.rlyj.net.cn>

TIAN Xing, CHEN Min, ZHOU Mingxi, et al. Release pattern of salt from traditional dry-cured meat during oral processing[J]. Meat Research, 2019, 33(12): 1-6. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20190924-227. <http://www.rlyj.net.cn>

收稿日期: 2019-09-24

基金项目: 2019年湖南省自然科学基金青年项目 (2019JJ50450); 2019湖南省农业产业技术体系项目 (湘农发2019-105); 2019年国家级大学生创业训练项目 (201910541011X);

湖南中医药大学食品科学一级学科项目 (4901-020000200902)

第一作者简介: 田星 (1986—) (ORCID: 0000-0002-1110-656X), 女, 讲师, 博士, 研究方向为动物源食品风味释放与人类健康及食品生物技术。E-mail: acctianxing@hotmail.com

*通信作者简介: 李宗军 (1967—) (ORCID: 0000-0001-7495-3822), 男, 教授, 博士, 研究方向为食品生物技术。

E-mail: hnlizongjun@163.com



食品口腔加工是以研究食品与人体相互作用为最基本目的,通过食品物理学、口腔生理学、感官心理学及大脑神经科学等多学科的研究方法来推测口腔加工过程中食物的结构与物理化学性质变化^[1]。在口腔加工过程中,食物经牙齿破碎和唾液的润湿、乳化作用并在唾液酶的作用下最终融合形成相互黏连的食团^[2],而NaCl在食团与唾液间进行传质转移,呈味物质进入味蕾细胞产生味觉^[3],因此NaCl含量对咸味感知及食物风味至关重要。且口腔加工过程中的食盐含量、食团质构^[4]和水分含量等参数均可影响食品中风味化合物的释放,如含氮化合物、咸味氨基酸等。此外,唾液能显著改变食团的质地特性,同时促进食品中咸味成分与唾液间的复杂传质行为^[5]。因此,唾液电导率、pH值等的测定在食团咸味释放规律研究中有重要作用^[6]。

作为典型的传统肉制品,干腌肉制品因其独特的风味和咀嚼性深受广大消费者喜爱^[7]。但是随着生活水平的提高,人们对肉制品的要求除了风味独特外,营养安全也越来越受到重视^[8]。本研究以干腌肉为研究对象,通过跟踪分析口腔加工过程中食团的水分含量、pH值、NaCl含量和唾液pH值、电导率及食团的味觉特征动态变化,研究口腔加工过程中干腌肉咸味释放规律,为降低肉制品中食盐含量、提高肉制品安全性和人类健康水平提供新的研究思路。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

新鲜优质无脂猪里脊肉 湖南伟鸿食品有限公司;高度白酒(52°邵阳大曲)、食盐、味精、精制白砂糖 湖南省长沙市嘉而惠超市。

硝酸银、醋酸铅、硫酸钠、氢氧化钠、铬酸钾(均为分析纯) 天津市化学试剂一厂。

1.2 仪器与设备

CP413电子天平、STARTER 3100 pH计、STARTER 3100C/F电导率仪 奥豪斯仪器(上海)有限公司;WGL-230B电热鼓风干燥箱 天津泰斯特仪器有限公司;101-3AB电热鼓风干燥箱 北京中兴伟业仪器有限公司;TGL16M离心机 湖南湘立科学仪器有限公司;FSH-2可调速匀浆器 江苏省金坛市大地自动化仪器厂;TS-5000Z电子舌 日本Insent公司。

1.3 方法

1.3.1 干腌肉制作

选取新鲜的无脂猪里脊肉,以每块质量约(200±2)g按纹理进行切分,加入除食盐外的其他调味剂(白砂糖1.5%、味精0.3%、高度白酒2%),再加入质

量分数3%的食盐^[9],搅拌均匀并以适当间隔摆放,腌制3d,期间每8h进行翻面。将腌制好的肉条于鼓风干燥箱内进行风干,温度控制在30℃左右,风干7d制得成品,真空包装后-40℃冷藏,备用。

1.3.2 感官评定员筛选及培训

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 第1部分:优选评价员》^[10]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、咀嚼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,年龄18~20岁)。

在进行感官评定实验前对10名感官评价员进行咀嚼培训实验,每位评价员咀嚼并吞咽4g(每块2cm×2cm)干腌肉样品,记录咀嚼时间。每个样品的咀嚼时间不超过2min,每次咀嚼培训实验间隔30min,进行3次平行实验。每名评价员从咀嚼至产生吞咽感知(自然咀嚼吞咽点)时记作100%咀嚼时间,继续咀嚼至感官评定员的咸味感知最低值时记为咀嚼终点,再通过计算得到每名感官评定员不同咀嚼阶段(0%、30%、50%、70%、100%、咀嚼终点)的咀嚼时间。

1.3.3 咀嚼实验及食团的收集

每名感官评价员每次分别正常咀嚼约4g(每块2cm×2cm)干腌肉样本至不同咀嚼阶段(0%、30%、50%、70%、100%、咀嚼终点),样本咀嚼完成后,每名感官评价员将各咀嚼阶段的食团样本(每个阶段约8g样本)收集入20mL的EP试管中。将各感官评价员同一咀嚼阶段的食团样本收集,放入封装袋中,抽真空后放入-40℃冰箱保存备用。每个取样点至少3次平行。本研究至少产生180个食团用于分析咀嚼过程中食团主要味觉成分及含量测定。

1.3.4 唾液样本的收集

为研究干腌肉在口腔加工过程中的咸味释放规律,选取0%、30%、50%、70%、100%、咀嚼终点阶段进行分析。每名感官评价员每次分别正常咀嚼约4g(每块2cm×2cm)干腌肉食团至不同咀嚼阶段(0%、30%、50%、70%、100%、咀嚼终点),每个样品咀嚼完成后,感官评价员将唾液样本(约0.2mL)收集入20mL的EP试管中,直到收集至约12mL。唾液样本采集后立即放入-40℃冰箱保存。同时将10位感官评定员相同咀嚼阶段等量的唾液样本混合,即得混合样本。

1.3.5 唾液样本的pH值及电导率测定

pH值测定:参考GB 5009.237—2016《食品安全国家标准 食品pH值的测定》中的玻璃电极法;电导率测定:将唾液样本在4000r/min条件下离心20min,收集上清液后用电导率仪测定。

1.3.6 食团的水分含量、pH值及NaCl含量测定

水分含量测定：参照GB/T 5009.3—2010《食品安全国家标准 食品中水分的测定》中的直接干燥法；pH值测定：参照GB 5009.237—2016中的玻璃电极法；NaCl含量测定：参照GB/T 12457—2008《食品中NaCl的测定》中的间接滴定法。

1.3.7 味觉活力值 (taste activity value, TAV) 测定

TAV指呈味物质在样品中的含量与其味觉阈值之比。通常认为，当TAV>1时，该物质对样品味觉特征感知有重要影响。

1.3.8 采用时间-强度感官评定分析不同咀嚼阶段干腌肉食团的咸味感知

感官评定员实验前2 h禁食，感官评定前用纯净水漱口。评定时感官评定员同时咀嚼约4 g干腌肉，并在不同咀嚼阶段（0%、30%、50%、70%、100%、咀嚼终点）选择线性标度法或量值估计法，根据自己的喜好对干腌肉的咸味强度赋值（0~10分）。

1.3.9 采用电子舌分析不同咀嚼阶段干腌肉食团的味觉特征

感官评定员分别咀嚼干腌肉至不同阶段（0%、30%、50%、70%、100%、咀嚼终点），然后收集食团，准确称取（50.0±0.5）g相同咀嚼阶段食团样本于搅拌机中，加入4倍体积的纯净水（40℃），搅拌1 min，倒入500 mL离心管中，3 000 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。将待测样品用双层纱布过滤后进行电子舌检测，运用TS-5000Z电子舌味觉分析系统对不同咀嚼阶段的干腌肉品食团样本味觉特征进行分析。

1.4 数据处理

每个样本进行3次平行实验，采用SPSS 25.0软件处理数据，并进行差异显著性分析， $P<0.05$ 表示差异显著，反之则不显著；使用Excel软件绘图。

2 结果与分析

2.1 不同感官评价员的差异性分析

2.1.1 不同感官评定员咀嚼参数的变化

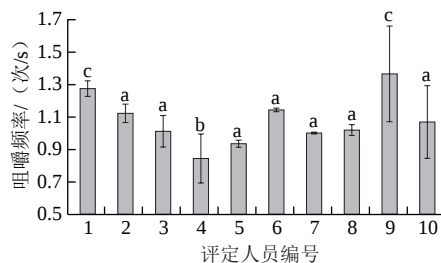
感官评定员的饮食习惯、口腔健康及咀嚼过程中的一些咀嚼参数，尤其是咀嚼次数和咀嚼时间，对食物在口腔中的消化加工有重要影响，因此分析咀嚼时间及次数对干腌肉的咸味感知及其释放规律研究十分重要^[11]。

表1 不同咀嚼阶段感官评定员的平均咀嚼时间及咀嚼次数
Table 1 Average chewing time and frequency of different sensory assessors at different chewing stages

咀嚼参数	咀嚼阶段/%					咀嚼终点
	0	30	50	70	100	
平均咀嚼次数	0.0 ^a	10.0±2.3 ^b	17.0±3.7 ^c	23.0±5.1 ^c	33.0±7.3 ^d	75.0±13.0 ^e
平均咀嚼时间/s	0.0 ^a	9.6±2.0 ^b	16.0±3.4 ^c	22.4±4.8 ^d	32.0±6.8 ^e	70.9±12.5 ^f

注：同行小写字母不同，表示差异显著（ $P<0.05$ ）。表2~4同。

由表1可知，随着咀嚼阶段的深入，感官评定员的平均咀嚼时间及平均咀嚼次数均显著增加，在咀嚼终点时达到最高值，且在咀嚼过程的各阶段咀嚼时间和咀嚼次数均存在显著差异。



小写字母不同，表示差异显著（ $P<0.05$ ）。图3、7~8同。

图1 不同感官评定员的咀嚼频率

Fig. 1 Chewing frequency of different sensory assessors

由图1可知，各感官评定员的咀嚼频率也存在显著差异（ $P<0.05$ ），这一结果与刘登勇等^[12]的研究结果相同。

2.1.2 不同感官评价员唾液分泌量差异性分析

人类唾液是一种自然分泌在口腔中的液体，由主要和次要唾液腺体连续分泌^[13]。食物中的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，咸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，食物经牙齿破碎和唾液作用，导致NaCl在食团与唾液间进行传质转移，最终形成相互黏连的食团。Mejean等^[14]对近300名受试者的唾液进行生化分析，结果表明，受试者的唾液淀粉酶活力、脂肪酶水解力、总蛋白含量及一些关键唾液酶和金属离子含量在不同人群中的差异高达1~2个数量级。

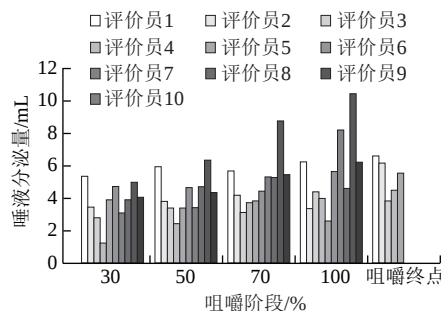


图2 不同咀嚼阶段不同感官评定员的唾液分泌量

Fig. 2 Amount of saliva secretion from different sensory assessors at different chewing stages

由图2可知，随着咀嚼时间延长，唾液分泌量总体呈上升趋势。10位感官评定员的唾液分泌量存在个体差异，而取10名感官评定员各咀嚼阶段唾液分泌量的平均值可以减少误差，从而得出较准确的各咀嚼阶段唾液分泌规律。

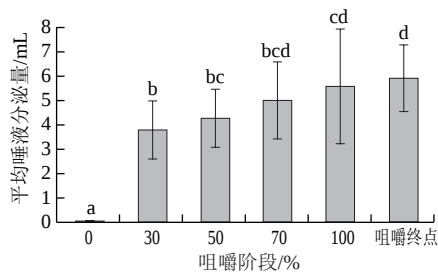


图3 不同咀嚼阶段感官评定员的平均唾液分泌量

Fig. 3 Average amount of saliva secretion from different sensory assessors at different chewing stages

唾液能洗涤口腔,使味蕾更精确地辨别味感,其分泌可能与食物中咸味释放有极大关系^[15]。由图3可知,各咀嚼阶段中,0%~30%咀嚼阶段唾液分泌量显著增加($P < 0.05$),50%~100%咀嚼阶段,唾液分泌量增加不显著,可能是由于后期咀嚼频率稳定,因此唾液分泌量趋于稳定,而到达咀嚼终点时,唾液分泌量增加,最终达到最高值。

2.2 自然咀嚼吞咽点与咀嚼终点的各项指标差异性分析

2.2.1 自然咀嚼吞咽点与咀嚼终点的咀嚼次数、咀嚼时间及食团NaCl含量比较

表2 自然咀嚼吞咽点和咀嚼终点的咀嚼次数、咀嚼时间及食团NaCl含量

Table 2 Chewing time, chewing frequency and sodium chloride content at the point of swallowing and at the end of chewing

项目	自然咀嚼吞咽点	咀嚼终点
咀嚼次数	33.0±7.3 ^a	75.0±13.0 ^b
咀嚼时间/s	32.0±6.8 ^a	70.9±12.5 ^b
NaCl含量/%	1.79±0.03 ^a	0.97±0.02 ^b

由表2可知,在到达自然咀嚼吞咽点时,食团中的NaCl含量依然较高,且显著高于咀嚼终点($P < 0.05$),这是由于随着咀嚼时间和咀嚼次数的增加,食团与唾液接触面积增加,二者更加均匀地混合在一起,使得食团中更多的 Na^+ 迁移出来,使食团NaCl含量降低^[16]。

2.2.2 自然咀嚼吞咽点与咀嚼终点食团的味觉特征比较

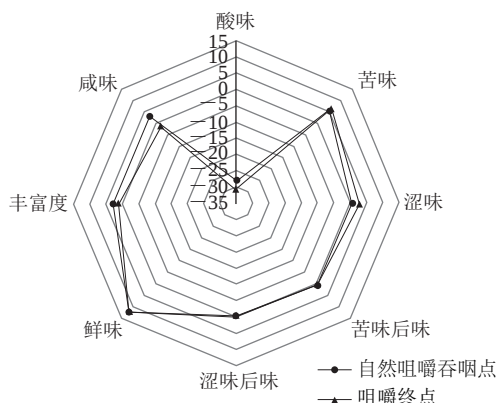


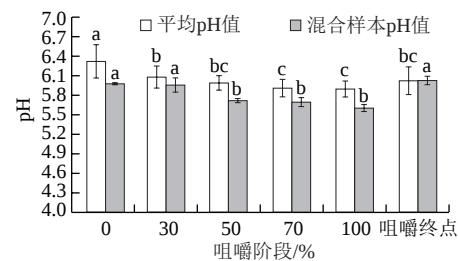
图4 自然咀嚼吞咽点与咀嚼终点食团的味觉特征雷达图

Fig. 4 Comparison of taste characteristics at the point of swallowing with those at the end of chewing

由图4可知,自然咀嚼到吞咽点的干腌肉食团与咀嚼终点的食团鲜味没有差异,咀嚼终点的食团咸味和丰富度均明显低于自然咀嚼吞咽点的食团,而苦味和涩味均略高于自然咀嚼吞咽点的食团,这可能是由于NaCl影响了食团中蛋白质水解产物的苦味^[17],这一结果表明,到达自然咀嚼吞咽点时,可能已达到人类感知咸味的最佳兴奋点,但此时食团中仍有较高含量的NaCl且未被人体咸味味觉受体所接收并感知^[18]。

2.3 不同咀嚼阶段唾液样本的pH值及电导率变化

2.3.1 不同咀嚼阶段唾液样本的pH值



小写字母不同,表示同组不同咀嚼阶段差异显著($P < 0.05$)。图6同。

图5 不同咀嚼阶段唾液样本的pH值

Fig. 5 pH value of saliva samples at different chewing stages

在咀嚼过程中,唾液与食物成分相互作用,形成丸状降解结构,且唾液在口腔加工中作为乳化剂起到润滑作用,进一步影响食物咸味的释放规律。由图5可知:在0%~30%咀嚼阶段,唾液样本的平均pH值具有显著差异($P < 0.05$),这可能是由于食团与唾液还未均匀混合,食团中的风味物质,如碱性氨基酸还未释放出来^[19],而口腔本身的酸性环境使得唾液pH值较低;混合样本pH值在30%~50%与100%至咀嚼终点阶段差异显著($P < 0.05$),其他阶段差异不显著;唾液平均pH值和混合样本pH值的增加或降低趋势相同。

2.3.2 不同咀嚼阶段唾液样本的电导率

由于各感官评定员口腔环境及咀嚼习惯不同,其在各咀嚼阶段所分泌唾液的电导率均存在显著差异,为了尽可能消除个体差异对实验结果的影响,同时测定10位感官评定员相同阶段等量唾液混合样本的电导率,偏差显著减小,有利于对不同咀嚼阶段咸味释放规律进行研究。

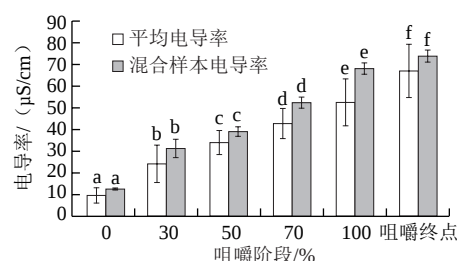


图6 不同咀嚼阶段唾液样本的电导率

Fig. 6 Conductivity of saliva samples at different chewing stages

由图6可知,各咀嚼阶段唾液样本的平均电导率与混合唾液样本的电导率变化趋势基本吻合,均呈整体显著上升趋势($P<0.05$)。

2.4 不同咀嚼阶段干腌肉食团的pH值及水分含量

表3 不同咀嚼阶段干腌肉食团的pH值及水分含量
Table 3 pH value and moisture content of bolus at different chewing stages

指标	咀嚼阶段/%				
	0	30	50	70	100
pH	6.19±0.05 ^a	6.19±0.03 ^b	5.92±0.03 ^c	5.82±0.00 ^d	5.83±0.00 ^d
水分含量/%	40.00±2.89 ^a	61.30±0.41 ^b	67.04±1.15 ^c	67.94±0.05 ^c	69.01±0.12 ^c

由表3可知:由于口腔的酸性环境^[20],咀嚼过程中干腌肉食团的平均pH值为5.94,0%~70%咀嚼阶段,干腌肉食团的pH值呈显著下降趋势($P<0.05$),而70%~100%咀嚼阶段略有增加,但不显著,可能是由于咀嚼时间延长,唾液量分泌增加,食团中的蛋白质产生的碱性氨基酸等风味物质使得pH值略有升高^[21-22];在0%~50%咀嚼阶段,干腌肉食团的水分含量显著升高($P<0.05$),这是由于随着咀嚼时间增加,唾液分泌量增加,干腌肉食团与唾液混合更均匀,其水分含量升高,而50%~100%咀嚼阶段,干腌肉食团的水分含量仍然上升,但变化不显著,说明咀嚼到一定时间后,各感官评定员的唾液分泌量达到最高,趋于稳定。

2.5 不同咀嚼阶段干腌肉食团的NaCl含量及TAV

表4 不同咀嚼阶段干腌肉食团的NaCl含量及TAV
Table 4 NaCl content and TAV of meat samples at different chewing stages

指标	咀嚼阶段/%				
	0	30	50	70	100
NaCl含量/%	5.40±0.17 ^a	3.06±0.03 ^b	2.31±0.01 ^c	1.99±0.04 ^{cd}	1.79±0.03 ^d
TAV	5.40±0.17 ^a	3.06±0.03 ^b	2.31±0.01 ^c	1.99±0.04 ^{cd}	1.79±0.03 ^d

由表4可知:0%~70%咀嚼阶段,干腌肉食团的NaCl含量显著降低($P<0.05$),这主要是由于食团中的大部分NaCl溶于唾液中,70%~100%咀嚼阶段,NaCl含量继续降低,但变化不显著,在自然咀嚼吞咽点(即100%)至咀嚼终点阶段,由于咀嚼时间和咀嚼次数显著增加,使干腌肉食团的NaCl含量显著降低($P<0.05$);0%~100%咀嚼阶段,干腌肉食团的TAV均大于1,说明此阶段食团的咸味释放规律与NaCl含量相关,而到咀嚼终点时,干腌肉食团的TAV小于1,说明此时NaCl含量对口腔中的咸味释放规律没有影响^[23]。

2.6 时间-强度感官评定和电子舌分析各咀嚼阶段干腌肉食团的咸味特征

2.6.1 时间-强度感官评定分析各咀嚼阶段干腌肉食团的咸味感知

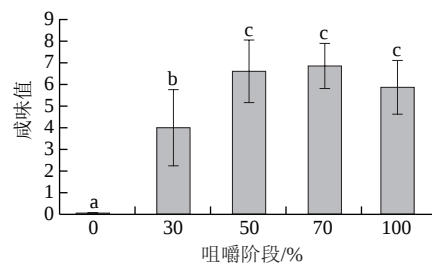


图7 不同咀嚼阶段干腌肉食样品的咸味值

Fig. 7 Salty taste scores for dried-cured meat samples at different chewing stages

由图7可知:0%~70%咀嚼阶段,干腌肉食团的咸味值呈上升趋势,尤其是0%~50%咀嚼阶段,由于此时食团中的NaCl含量最高,因此在咀嚼过程中随唾液释放到口腔中的咸味最强烈,咸味值显著增加($P<0.05$);70%~100%咀嚼阶段,干腌肉食团的咸味值开始降低,但没有显著差异,这可能是由于大部分NaCl在咀嚼食团时随着唾液乳化作用被吞咽^[24],口腔中残留的咸味降低。

2.6.2 电子舌分析各咀嚼阶段干腌肉食团的咸味特征

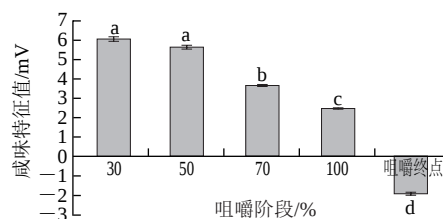


图8 不同咀嚼阶段干腌肉食团的咸味特征值

Fig. 8 Salty taste characteristic values of meat samples at different chewing stages

由图8可知,30%~50%咀嚼阶段,干腌肉食团的咸味特征值变化较小,50%咀嚼阶段以后,咸味特征值发生显著变化,电子舌咸味感知特征值总体呈下降趋势,与时间-强度感官评定中咸味值的变化趋势相反,说明随着咀嚼时间的延长,食团中的NaCl不断溶出,感官评定员感知的咸味值呈上升趋势直至最高点,而电子舌测定的咸味特征值反映的是食团中剩余NaCl的含量,因此咸味特征值呈下降趋势。

2.7 口腔加工过程中干腌肉食团理化指标与唾液理化指标及分泌量的相关性分析

由表5可知:干腌肉食团NaCl含量与唾液分泌量呈极显著负相关($P<0.01$),而食团水分含量与唾液分泌量呈显著正相关($P<0.05$),说明随着咀嚼时间的延长,

食团中水分含量较高,在一定程度上促进唾液的分泌,使得食团中的NaCl溶入到唾液中,导致食团NaCl含量降低;唾液分泌量与唾液pH值呈显著负相关($P<0.05$),与唾液电导率呈极显著正相关($P<0.01$);而唾液pH值和唾液电导率呈极显著负相关($P<0.01$),说明较低的pH值能促进NaCl的离子扩散,从而使唾液电导率升高。

表5 干腌肉食团与唾液中理化指标的相关性分析

Table 5 Correlation analysis between physicochemical properties of bolus and secretion amount and physicochemical properties of saliva

指标	食团NaCl含量	食团水分含量	唾液分泌量	唾液pH	唾液电导率
食团pH	0.999**	-0.999**	-0.622	0.294	-0.791**
食团NaCl含量		-0.967**	-0.800**	0.999**	-0.845**
食团水分含量			0.746*	-0.999**	0.840**
唾液分泌量				-0.637*	0.811**
唾液pH					-0.790**

3 结 论

口腔加工过程中咀嚼参数的分析表明,感官评定人员之间存在个体差异,经培训使咀嚼频率相近后,对不同咀嚼阶段干腌肉食团的NaCl含量、水分含量及pH值以及唾液pH值、电导率等指标进行测定。结果表明:咀嚼过程中食团的水分含量显著增加,NaCl含量持续降低,pH值无显著变化;从咀嚼开始到咀嚼终点唾液分泌量显著上升,唾液电导率持续升高;由相关性分析结果可知,食团的NaCl含量和pH值均与食团的水分含量呈负相关,唾液pH值和其电导率呈显著负相关,说明较低的pH值能促进NaCl的离子扩散,从而使电导率升高。

由电子舌检测分析可知,干腌肉咀嚼过程中,咸味释放规律为先上升后下降的趋势,且在30%咀嚼阶段咸味释放达到最高值,此时咸味特征值和水分含量增幅均达到最大。到咀嚼终点时,干腌肉食团的TAV小于1,说明此时NaCl含量对口腔中的咸味释放规律没有影响,而在吞咽点时,干腌肉食团的TAV大于1,说明到达吞咽点时NaCl含量仍然较高,部分NaCl在未被感知的情况下被吞咽^[25]。

研究口腔加工过程中干腌肉制品咸味释放规律能确定人体达到感知咸味最高值的时间点,进一步研究在保留良好风味的同时适当降低干腌肉制品中的食盐含量^[26-28]。而口腔加工过程中干腌肉制品风味感知与味觉特征变化研究将为有效降低加工肉制品食盐含量、提高肉制品安全性和人类健康水平提供理论指导和新思路^[29-30]。

参考文献:

- [1] 陈建设,王鑫淼.食品口腔加工研究的发展与展望[J].中国食品学报,2018,18(9):1-7. DOI:10.16429/j.1009-7848.2018.09.001.
- [2] WITT T, STOKES J R. Physics of food structure breakdown and bolus formation during oral processing of hard and soft solids[J]. Current Opinion in Food Science, 2015, 3: 110-117. DOI:10.1016/j.cofs.2015.06.011.
- [3] WANG Xinmiao, CHEN Jianshe. Food oral processing: recent developments and challenges[J]. Current Opinion in Colloid and Interface Science, 2017, 28: 22-30. DOI:10.1016/j.cocis.2017.01.001.
- [4] 张东,李洪军,吴练军,等.减少肉制品中NaCl含量的研究进展[J].食品与发酵工业,2017,43(11):238-243. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.014561.
- [5] GOTO T, NAKAMICH A, WATANABE M, et al. Influence of food volume per mouthful on chewing and bolus properties[J]. Physiology and Behavior, 2015, 141: 58-62. DOI:10.1016/j.physbeh.2015.01.007.
- [6] CHABANET C, TARREGA A, SEPTIER C, et al. Fat and salt contents affect the in-mouth temporal sodium release and saltiness perception of chicken sausages[J]. Meat Science, 2013, 94(2): 253-261. DOI:10.1016/j.meatsci.2012.09.023.
- [7] 张露,张雅玮,惠腾,等.低钠干腌肉制品研究进展[J].肉类研究,2013,27(11):45-49.
- [8] 邓亚军,刘登勇,郭晨,等.红烧肉咀嚼过程中咸味和鲜味的释放规律[J].食品科学,2017,38(18):80-86. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201718013.
- [9] AASLYNG M D, MEINERT L. Meat flavour in pork and beef: from animal to meal[J]. Meat Science, 2017, 132: 112-117. DOI:10.1016/j.meatsci.2017.04.012.
- [10] 中国农业科学院质量标准与检测技术研究所,农业部蔬菜果品质量监督检验测试中心(广州).感官分析 选拔、培训与管理评价员一般守则 第1部分:优选评价员:GB/T 16291.1—2012[S].北京:中国标准出版社,2012.
- [11] CHEN Jianshe. Food oral processing: a review[J]. Food Hydrocolloids, 2009, 23(1): 1-25. DOI:10.1016/j.foodhyd.2007.11.013.
- [12] 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,2017,38(13):48-53. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2017.13.008.
- [13] GLUMAC M, QIN Lanxi, CHEN Jianshe, et al. Saliva could act as an emulsifier during oral processing of oil/fat[J]. Journal of Texture Studies, 2018(12): 25-28. DOI:10.1111/jtxs.12375.
- [14] MEJEAN C, MORZEL M, NEYRAUD E, et al. Salivary composition is associated with liking and usual nutrient intake[J]. PLoS One, 2015, 10(9): e0137473. DOI:10.1371/journal.pone.0137473.
- [15] FRANK D C, BALL A J, HUGHES J M, et al. Sensory and flavor chemistry characteristics of Australian beef: the influence of intramuscular fat, feed and breed[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2016, 64(21): 4299-4311. DOI:10.1021/acs.jafc.6b00160.
- [16] COOK S L, WOODS S, METHVEN L, et al. Mucoadhesive polysaccharides modulate sodium retention, release and taste perception[J]. Food Chemistry, 2018, 240: 482-489. DOI:10.1016/j.foodchem.2017.07.134.
- [17] XU Qingbiao, HONG Hui, YU Wenlin, et al. Sodium chloride suppresses the bitterness of protein hydrolysates by decreasing hydrophobic interactions[J]. Journal of Food Science, 2019, 84: 86-91. DOI:10.1111/1750-3841.14419.
- [18] 庞广昌,陈庆森,胡志和,等.味觉受体及其传感器研究与应用[J].食品科学,2017,38(5):288-298. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201705047.
- [19] 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, 12(10): 121-126. DOI:10.1016/j.foodres.2019.01.050.
- [20] 邓亚军.口腔加工对红烧肉口感品质的影响[D].锦州:渤海大学,2017:25-28.
- [21] 林光月,穆利霞,邹宇晓,等.食品中的蛋白质脂类物质及其呈味机理研究进展[J].农产品加工,2017(5):68-72. DOI:10.16693/j.cnki.1671-9646(X).2017.05.048.
- [22] MOSCA A C, FERON G, CHEN J. Saliva and food oral processing[J]. Journal of Texture Studies, 2019, 50(1): 4-5. DOI:10.1111/jtxs.12389.
- [23] 张进杰.中国南方传统腊鱼加工、品质及安全性研究[D].杭州:浙江大学,2012:59-68.
- [24] 李可,赵颖颖,康壮丽,等.NaCl对猪肉糜加工特性和蛋白质二级结构的影响[J].食品科学,2017,38(15):77-81. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201715013.
- [25] TIAN Xing, FISK I D. Salt release from potato crisps[J]. Food and Function, 2012, 3(4): 376-380. DOI:10.1039/c2fo10282j.
- [26] 李大宇,张苏苏,董学文,等.低盐肉制品降盐与品质改良加工技术研究进展[J].食品安全质量检测学报,2017,8(6):1947-1953.
- [27] STOLLE T, GRONDINGER F, DUNKEL A, et al. Salivary proteome patterns affecting human salt taste sensitivity[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2017, 65(42): 9275-9286. DOI:10.1021/acs.jafc.7b03862.
- [28] CANON F, NEIERS F, GUICHARD E. Saliva and flavor perception: perspectives[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2018, 66(30): 7873-7879. DOI:10.1021/acs.jafc.8b01998.
- [29] MOSCA A C, CHEN J. Food-saliva interactions: mechanisms and implications[J]. Trends in Food Science and Technology, 2017, 66: 125-134. DOI:10.1016/j.tifs.2017.06.005.
- [30] 郑海波,徐幸莲,周光宏.肉制品低钠盐加工技术研究进展[J].食品工业科技,2015,36(4):370-375. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2015.04.072.