

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2019.09.011

酱制时间对传统酱卤猪肉制品风味及质构变化规律的影响

Effect of sauce time on the flavor and texture change of traditional sauce and braised pork products

马 菲 郇延军 刁欣悦

MA Fei HUAN Yan-jun DIAO Xin-yue

(江南大学食品学院, 江苏 无锡 214122)

(College of Food Science, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China)

摘要:以猪肉为原料,对传统酱制过程中样品的挥发性风味物质、游离氨基酸及质构的变化进行研究。电子鼻主成分分析(PCA)发现酱制过程中样品风味变化明显,利用气相色谱—质谱联用(GC-MS)进一步分析样品的挥发性成分发现,样品中与香辛料相关的风味物质(邻伞花烃、萜烯类等)多数在酱制后期(60~120 min)检出并积累,与脂肪氧化、氨基酸降解及美拉德反应相关的风味物质(己醛等)多数在酱制前期(0~60 min)检出,且在较短时间内迅速积累。样品中总游离氨基酸的含量变化明显,原料肉中总游离氨基酸含量为 289.45 mg/100 g,酱制过程中总体呈增加趋势,酱制 120 min 后达到最大值为 415.60 mg/100 g。酱制过程中样品硬度及咀嚼性呈先上升后下降的趋势,结合感官评定发现酱制 40~60 min 时样品的质构(硬度 3 000~3 500 g,咀嚼性 1 300~1 600 g)较好。酱制时间越长,样品的风味越好,但不利于样品质构的形成。整体感官评定表明,该酱制条件下酱制 100 min 时样品品质最好。

关键词:酱卤制品;挥发性风味物质;游离氨基酸;质构

Abstract: The changes of volatile flavor substances, free amino acids and texture of the samples in the traditional sauce process of pork were studied. The electronic nose principal component analysis (PCA) found that the flavor of the sample changed significantly during the sauce process. The gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) was used to further analyze the volatile components of the sample, and the flavor substances related to the spices in the sample were found. Most of them (o. umbellifera, terpenes, etc.) were detected and accumulated in the late

stage of soy sauce (60~120 min), and the flavor substances (hexanal, etc.) associated with fat oxidation, amino acid degradation, and Maillard reaction are mostly detected in the early stage of the sauce (0 to 60 min) and rapidly accumulated in a short period of time. The content of total free amino acids in the samples changed significantly. The total free amino acid content in the raw meat was 289.45 mg/100 g, which generally increased during the sauce preparation process. The maximum value reached 415.60 mg/100 g after processing for 120 minutes. During the process of sauce preparation, the hardness and chewiness of the samples increased first and then decreased. Combined with the sensory evaluation, the texture of the sample (hardness of 3 000~3 500 g and chewability of 1 300~1 600 g) was found good when the sauce was processed for 40~60 minutes. The better flavor could be obtained with longer processes, though it was not conducive to the formation of the texture of the sample. The overall sensory evaluation indicated that the sample quality was best when the sauce was processed for 100 minutes.

Keywords: sauce and halogen products; volatile flavoring; free amino acid; texture

传统酱卤肉制品是指将鲜(冻)畜禽肉放入含有食盐、酱油以及香辛料的水中,经调味、煮制等工艺加工而成的一类熟肉类制品^[1]。研究^[2,4]表明,酱卤肉制品风味主要来源于美拉德反应、脂质热降解、氨基酸的降解等过程,受热时肉制品中风味前体物质发生分解、氧化等化学反应,同时与其他物质相互作用,产生烃类、醛类、酮类、呋喃类及其他含硫化合物等挥发性风味物质,进而影响产品的整体风味。香辛料的添加在改善样品的不良风味方面发挥了重要作用,加工时,香辛料挥发出芳香的有机物质,赋予产品辛、香、辣等特性^[3]。蛋白质降解产生的游离氨基酸(FAA)不仅本身可影响产品的滋味,同时参

作者简介:马菲,女,江南大学在读硕士研究生。

通信作者:郇延军(1963—),男,江南大学副教授,博士。

E-mail: huanyan jun@jiangnan.edu.cn

收稿日期:2019-04-09

与美拉德反应及 Strecker 降解,进而影响产品的风味及滋味^[4]。

目前,对牛肉、卤鸡腿等样品的风味及质构方面研究较多,刘源等^[5]利用 GC-MS 对南京盐水鸭的挥发性香气成分进行分析,发现醛类物质、含硫含氮化合物等挥发性物质可能是构成盐水鸭风味的重要成分;Wang 等^[6]利用 GC-MS 对生、熟牛肉以及牛肉不同部位的挥发性风味物质进行分析,发现不同部位的挥发性物质几乎一致,但含量略有不同,而生牛肉和熟牛肉(同一部分)的挥发物类型和含量大有不同;Zhang 等^[7]研究发现由美拉德反应产生的挥发性风味化合物与加工过程中的游离氨基酸呈正相关;Mortensen 等^[8]研究表明,低温下牛肉的嫩度强度随温度增加,随时间降低。但对于酱卤猪肉制品酱制过程中风味及质构的变化鲜有研究,试验拟对传统酱卤猪肉制品酱制过程中风味及质构的变化规律进行探究,同时进行感官评定,以期找到合理的酱制时间,为保证制品风味、提高制品品质,优化加工工艺提供理论参考。

1 材料与方 法

1.1 材料与仪器

猪里脊肉、食用盐、白砂糖、料酒、酱油、生姜、大葱、香辛料等:市售;

质构分析仪:TA-XT plus 型,英国 Stable Micro Systems 公司;

电子鼻:iNose 型,上海瑞芬贸易有限公司;

三重四级杆气质联用仪:TSQ Quantum XLS 型,美国赛默飞世尔科技公司。

1.2 方法

1.2.1 工艺流程

原料肉(猪里脊)修整、清洗、分切→卤液酱制→室温冷却^[9]

1.2.2 操作要点 将经修整、清洗过的原料肉,分切成

4 cm×4 cm×3 cm 的形状、(50±2) g;肉:卤汁=1:5 (g/mL);食盐 2%,生姜 1%,料酒 2%,葱 2%^[10]^[32],酱油 2%,白砂糖 1%,草果 0.2%,小茴香 0.1%,花椒 0.2%,陈皮 0.2%,香叶 0.1%,孜然 0.1%,桂皮 0.1%;将原料肉放入 95 °C 的水浴锅中酱制不同时间,冷却至室温,进行指标测定。

1.2.3 酱制过程中风味特征的变化 参考黄艳梅^[10]^[33]的方法,略作修改,方法如下:准确称取切碎混匀的酱卤肉制品 3.5 g,置于 40 mL 电子鼻样品瓶中,室温放置 1 h,纯净干燥的空气为载气,气体流量 1 L/min,测试时间 180 s。

1.2.4 酱制过程中挥发性风味成分的变化 参考高静等^[11]的方法。

1.2.5 游离氨基酸的测定 参照常亚楠等^[12]的方法。

1.2.6 质构的测定 参考黄艳梅^[10]^[14]及 Trespalacios 等^[13]的方法,略作修改。探头:P/25,测试模式:压缩 40%;测试前速度:2 mm/s;测试速度:2 mm/s;测试后速度:10 mm/s。

1.2.7 感官评定 由 20 位(10 男 10 女)经过培训的人员组成评定小组,严格根据表 1 感官评定标准^[9,13]对样品进行评分,结果取平均值。

2 结果与分析

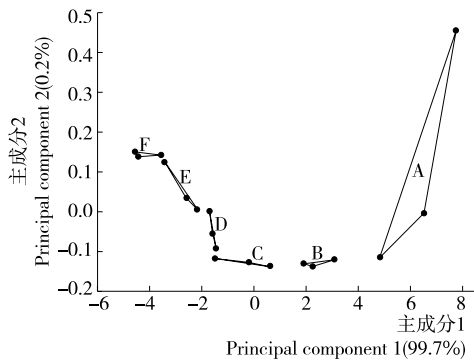
2.1 酱制过程中风味特征的变化

图 1 显示了酱卤肉制品在不同酱制时间下,利用多元统计方法对样品的电子鼻传感器信号数据进行的 PCA 分析图^[14]。由图 1 可知,两个主成分的总贡献率达到 99.90%,高于 96%,表明两个主成分能充分反映样品的特征性信息,且 DI 值为 92.10%,大于 85%,表明样品的区分度较好。各样品之间无重叠,样品 A 距其他样品较远,表明样品 A 与其他样品风味相差较大,可能是酱制时间较短,样品形成的气味较弱。综上,酱卤肉制品酱制过程中其挥发性气味时刻发生改变,且变化明显,表明长时

表 1 感官评定标准表

Table 1 The sensory evaluation standard

评分	色泽	风味		质构	
		滋味	香气	适口性	弹性
1~5 分	色泽很差,暗淡,均匀性差	滋味差,咸淡不适或有异味	几乎无香气,散发蒸煮味	无嚼劲,过于软或过于硬,几乎无汁液	手指按压不恢复,无弹性
6~10 分	色泽较差,无光泽,均匀一致性差	滋味较差,咸淡略有欠缺	香味过于单薄或有其他异味	嚼劲差,很软或很硬,汁液很少	手指按压恢复时间长,弹性较差
11~15 分	色泽较好,光泽度不够,基本均匀一致	滋味较好,咸淡适中	香味稍弱,卤肉香味较纯正,无异味	稍有嚼劲,软硬度略有欠缺,汁液较少	手指按压恢复时间适中,弹性较好
16~20 分	色泽良好,有光泽,均匀一致	咸淡适中,滋味良好	香气浓郁,具有卤肉特有的香气,无其他异味	有嚼劲,软硬适中多汁性好	手指按压很快恢复,弹性十足



A: 95 °C 酱制 20 min 样品; B: 95 °C 酱制 40 min 样品; C: 95 °C 酱制 60 min 样品; D: 95 °C 酱制 80 min 样品; E: 95 °C 酱制 100 min 样品; F: 95 °C 酱制 120 min 样品

图 1 传统酱制样品 PCA 结果分析

Figure 1 Analysis of traditional sauce products
PCA results

间的酱制对酱卤肉制品风味的改变具有重要意义。

2.2 酱制过程中挥发性风味成分的变化

由表 2 可知, 分别从鲜肉, 酱制 30, 60, 90, 120 min 的样品中, 检出 23, 66, 79, 84, 102 种风味物质。由于鲜肉不具备芳香性, 一般只有咸味、金属味和血腥味^[15], 因而鲜肉中的风味物质较少, 且物质种类与其他样品相差较大。

由表 2 还可知, 香辛料中的挥发性物质多数在酱制时间长于 60 min 时被检出, 相对含量逐渐增加, 与武苏苏^[27]研究结果相似, 比如酱制 60 min 时邻伞花烃及醚类化合物中的茴香醚被检出, 酱制 120 min 后相对含量分别为 3.76%, 0.44% (以峰面积计); 酱制 90 min 时具有果香味和花香味的甲基丁香酚^[16]及香辛料中 Vc 的降解产物糠醛被检出, 酱制 120 min 后相对含量分别为 0.01%, 0.52% (以峰面积计)。萜烯类物质在酱制 90 min 时被检出。对酱卤制品的风味起到修饰作用的香叶醇在酱制 120 min 时被检出, 具有清新的茶香、果香的桉叶醇^[17], 在酱制 30 min 时被检出, 但在酱制 90 min 时大量累积 (相对含量为 21.12%)。酱卤肉制品中与香辛料相关的风味物质需经过较长酱制时间才会产生, 且难以在较短时间内达到平衡, 可能是香辛料成分融入酱制液及渗透到酱卤肉制品中均需要较长时间。

与酱卤肉制品中的其他风味物质相比, 主要来源于脂肪降解的醛类物质相对含量最高, 由于直链饱和醛的阈值较低, 对肉类风味的改善有重要意义, 比如作为肉中重要风味成分的己醛可在较短的酱制时间 (30 min) 达到最大值 45.35% (以峰面积计)。来源于脂肪或醇类的氧化降解作用和美拉德反应的酮类化合物, 由于阈值较高, 主要对风味起协调作用, 使样品的肉类风味更加丰富^[18], 该类物质相对含量较低, 且当酱制时间长于 30 min 时, 变

化较小。主要来源于氨基酸、多肽等物质热解后与还原糖发生美拉德反应^[19]的含硫、含氮、杂环化合物的相对含量较少, 酱制后期 (60~120 min) 变化不明显, 但由于阈值较低, 是熟肉类风味中重要的特征成分。酱卤肉制品酱制过程中, 特征风味含量并非越高越好, 需各种风味相互协调, 进而获得最优风味, 因此酱制时间不宜过短, 需适当延长。

综上, 样品中与香辛料相关的风味物质大多在酱制后期 (60~120 min) 检出并积累, 与脂肪氧化、氨基酸降解及美拉德反应相关的风味物质大多在酱制前期 (0~60 min) 检出并积累。表明酱制后期样品所含有的挥发性香味物质较酱制前期样品的种类更丰富, 含有较多与香辛料相关的挥发性风味成分, 与原料肉本身的香气成分相协调, 因而酱制后期样品的整体风味更加丰富浓郁。

2.3 传统酱制过程中游离氨基酸分析

酱卤肉制品的酱制过程中, 游离氨基酸的含量与蛋白质的降解及美拉德反应相关, 由于酱制时间延长, 蛋白质降解程度的变化、部分游离氨基酸的流失以及美拉德反应的发生, 游离氨基酸总量呈现出先增加后减少再增加的趋势 (见表 3), 与鲜肉 (酱制 0 min) 相比, 酱卤肉制品的游离氨基酸总量由 289.45 mg/100 g 显著增加到 415.60 mg/100 g。酱制 120 min 的样品中, 丙氨酸含量最高。

含硫氨基酸是熟肉香味的重要贡献因素^[22], 主要经 Strecker 降解形成硫醇, 硫醇进一步氧化形成阈值很低的二甲基二硫化物、二甲基三硫化物等含硫化合物, 影响样品的风味。作为重要肉类风味前体物质的甲硫氨酸与半胱氨酸含量均较低。

酱卤肉制品滋味的鲜美程度与肌肉中呈味氨基酸的含量和组成有关^[23]。在呈甜味氨基酸中, 丙氨酸含量最高 (>100 mg/100 g), 其余 4 种氨基酸含量均较低。因此丙氨酸是酱卤肉制品中甜味的主要贡献者, 与常亚楠等^[12]的研究结果相类似。酱制过程中, 样品中呈甜味氨基酸含量无明显变化, 除脯氨酸外均高于原料肉含量, 尤其丙氨酸含量与原料肉区别明显, 呈上升趋势, 与孙承峰等^[24]的研究略有不同, 可能与原料肉及加工工艺不同有关。与原料肉相比, 谷氨酸含量由 22.26 mg/100 g 增加到 34.93 mg/100 g, 天冬氨酸无明显变化, 因此谷氨酸为该酱卤肉制品鲜味的主要贡献者。

2.4 传统酱制过程中质构分析

由图 2 可知, 95 °C 的酱制条件下, 样品的硬度及咀嚼性随酱制时间的延长均呈先增加后减小的趋势。样品硬度在酱制 40 min 时达到最大值, 咀嚼性在酱制 60 min 时达到最大值, 主要是由于酱制过程中肌肉中的肌原纤维蛋白变性, 肌纤维紧密排列, 导致样品中水分流失, 使得样品质地较硬。酱制后期, 样品的硬度及咀嚼性均下降,

表 2 传统酱制过程中风味物质相对含量变化[†]

Table 2 Changes in the relative content of flavor substances in the traditional sauce process

化合物 种类	化合物名称	相对含量/%					
		鲜肉	30 min	60 min	90 min	120 min	
	乙苯	3.53	—	—	—	—	
	1,3-二甲基-苯	—	0.14	0.10	—	—	
	对二甲苯	1.74	—	—	—	—	
	1-甲基-3-(1-甲基乙基)-苯	—	3.98	2.75	—	—	
	十五烷	—	—	—	—	0.02	
	2,2,3-三甲基-双环[2.2.1]庚烷	—	—	—	0.05	—	
	2,6,6-三甲基-双环[3.1.1]庚烷	—	—	—	—	0.03	
	6,6-二甲基-2-亚甲基-双环[3.1.1]庚烷	—	0.38	0.68	0.82	1.00	
	7,7-二甲基-2-亚甲基-双环[2.2.1]庚烷	—	0.05	—	—	—	
	邻伞花烃	—	—	1.08	2.58	3.76	
	1,3,5,7-环辛四烯	0.83	0.03	—	—	—	
	1-乙烯基-3-亚甲基-环戊烯	—	0.14	—	—	—	
	1,5,5-三甲基-3-亚甲基-环己烯	—	0.23	0.30	—	—	
	1-甲基-4-(1-甲基亚乙基)-环己烯	—	0.09	1.12	0.49	0.69	
烃类	4-亚甲基-1-(1-甲基乙基)-环己烯	—	0.10	0.02	—	—	
	2,6,6-三甲基双环[3.1.1]庚-2-烯	—	—	0.34	0.45	0.52	
	3,7-二甲基-2,6-辛二烯	—	0.06	0.11	0.11	0.09	
	3,7-二甲基-1,3,6-辛二烯	—	—	—	—	0.26	
	3,7-二甲基-1,3,7-辛二烯	—	0.07	—	—	—	
	7-甲基-3,4-辛二烯	—	—	0.37	—	—	
	蒎烯	—	0.12	0.23	0.28	0.31	
	α -蒎烯	—	0.11	0.83	1.50	0.12	
	A-月桂烯	—	—	—	0.56	1.12	
	d-柠檬烯	—	—	—	1.83	2.30	
	A-水芹烯	—	—	—	1.15	1.87	
	C-松油烯	—	0.80	0.75	1.44	2.15	
	4-萜烯	—	—	0.10	0.34	0.84	
	樟	—	—	—	0.06	—	
	4-甲基-1-(1-甲基乙基)-双环[3.1.0]己-2-烯	—	—	—	—	0.33	
	合计		6.10	6.30	8.78	11.66	16.41
	醇类	苯乙醇	—	—	0.04	0.03	0.02
		2-氨基-1-丙醇	4.39	0.24	0.60	0.10	0.43
桉叶醇		—	3.72	7.82	21.12	23.18	
1-戊醇		—	—	1.15	1.16	0.60	
1-己醇		—	0.97	0.62	0.97	0.44	
1-己烯-3-醇		0.30	—	—	—	—	
1-庚醇		—	0.20	0.05	0.06	0.06	
1-辛烯-3-醇		—	2.43	1.68	1.61	1.33	
2-呋喃甲醇		0.64	0.04	0.02	—	—	
2-辛烯-1-醇		—	0.10	0.08	0.08	0.09	
A-松油醇		—	0.24	0.60	0.74	0.99	
香叶醇		—	—	—	—	0.26	
1-甲基-4-(1-甲基乙基)-环己醇		—	1.18	0.03	0.08	4.40	
1-甲基-4-(1-甲基乙基)-2-环己烯-1-醇		—	—	0.04	0.07	0.25	
1-壬烯-4-醇		—	0.06	0.04	0.06	0.09	
1-苯基-1,2-乙二醇		—	1.17	—	—	0.17	

续表 2

化合物 种类	化合物名称	相对含量/%					
		鲜肉	30 min	60 min	90 min	120 min	
醇类	2-乙烯基-双环[2.1.1]己烷-2-醇,	—	—	—	0.04	0.06	
	2-乙基-1-己醇	0.77	0.05	—	—	—	
	乙基-苯甲醇	—	—	0.20	—	—	
	2-(2-氨基丙氧基)-3-甲基-苯甲醇	—	—	—	—	0.04	
	2,3-丁二醇	—	0.09	—	—	—	
	2,6-二甲基-3,5,7-辛三烯-2-醇	—	0.04	—	—	—	
	2,6,6-三甲基-双环[3.1.1]庚-3-醇	—	—	—	0.18	—	
	2,7-二甲基-2,6-辛二烯-1-醇	—	—	0.14	0.17	0.07	
	3-甲基-1-丁醇	—	0.02	—	—	—	
	3,5-辛二烯-2-醇	—	—	—	—	0.01	
	3,7-二甲基-1,6-辛二烯-3-醇	—	1.26	3.50	4.78	5.94	
	3,7-二甲基-3,6-辛二烯-1-醇	—	—	0.06	0.14	—	
	4-丁氧基-1-丁醇	—	—	—	—	0.03	
	4-氨基-1-戊醇	—	0.38	0.49	1.80	2.32	
	4-甲基-1-己醇	—	0.20	—	—	—	
	4-甲基-1-(1-甲基乙基)-3-环己烯-1-醇	—	—	0.99	1.37	1.85	
	5-甲基-2-己醇	—	—	0.03	—	—	
	5-甲基-2-庚醇	—	—	—	0.04	—	
	6-氨基-2-甲基-2-庚醇	—	0.11	—	0.22	—	
	6,6-二甲基-2-亚甲基-双环[3.1.1]庚-3-醇	—	0.05	0.06	0.08	0.08	
	6-十五碳烯-1-醇	—	—	0.04	—	—	
	9-十六碳烯-1-醇	—	—	—	0.05	—	
	四乙二醇	—	0.06	—	—	—	
	六乙二醇	2.43	—	—	—	—	
	七乙二醇	—	0.41	0.17	—	—	
	萜品烯-4-醇	—	0.55	—	—	—	
	马鞭草烯醇	—	—	0.11	—	0.02	
	对-甲基异丙基苯-7-醇	—	—	—	0.04	0.03	
	合计		8.53	13.57	18.56	34.99	42.76
	醛类	戊醛	—	1.31	1.57	1.27	0.90
己醛		—	45.35	41.69	33.22	20.55	
庚醛		—	—	0.51	0.41	—	
辛醛		—	0.61	0.40	0.59	0.61	
壬醛		—	1.27	0.78	0.85	0.86	
α -乙基-苯乙醛		—	—	—	—	0.05	
2-辛烯醛		—	0.07	0.08	0.10	0.06	
2-庚烯醛		—	0.08	0.05	0.05	0.05	
2-亚乙基-6-甲基-3,5-庚二烯醛		—	—	—	—	0.02	
2-十二烯醛		—	—	—	—	0.02	
苯甲醛		—	0.18	0.34	0.54	0.79	
柠檬醛		—	0.07	0.08	0.08	0.09	
糠醛		—	—	—	0.20	0.52	
2-甲基-3-苯基-2-丙烯醛		—	—	—	0.04	—	
2,3-二氢-1H-茚-4-甲醛		—	—	—	—	0.03	
2,4-癸二烯醛	—	—	—	0.07	—		

续表 2

化合物 种类	化合物名称	相对含量/%				
		鲜肉	30 min	60 min	90 min	120 min
醛类	2,6,6-三甲基-1,3-环己二烯-1-甲醛	—	0.62	0.51	0.74	0.81
	3,7-二甲基-6-辛烯醛	—	—	—	—	0.02
	3,7,11-三甲基-2,6,10-十二碳三烯醛	—	—	0.05	0.04	0.02
	4-甲基-3-环己烯-1-甲醛	—	—	—	—	0.02
	4-甲氧基-苯甲醛	—	—	0.04	0.05	0.05
	4-(1-甲基乙基)-苯甲醛	—	5.72	2.72	3.94	4.37
	6,6-二甲基-双环[3.1.1]庚-2-烯-2-甲醛	—	—	0.05	0.06	0.06
	合计	0.00	53.28	48.87	42.25	29.95
酸类	乙酸	1.17	—	—	0.05	0.06
	苯基-丁二酸	—	0.16	—	—	—
	2-(氨氧基)-丙酸	—	—	0.03	—	—
	丁酸	—	—	—	0.04	—
	己酸	—	0.06	—	—	—
	正癸酸	—	—	—	—	0.03
	正十六烷酸	8.73	—	—	—	—
	十八烷酸	3.38	—	—	—	—
	1,4-二氢-2-甲基苯甲酸	—	0.03	—	0.05	—
	蝶呤-6-羧酸	—	—	0.01	—	—
	合计	13.28	0.25	0.04	0.14	0.09
酮类	1-(乙酰氧基)-2-丙酮	—	—	0.04	0.04	—
	1-羟基-2-丙酮	—	—	—	—	0.05
	1-甲基茛-2-酮	—	—	0.06	0.08	0.10
	2,3-辛二酮	—	4.91	4.27	3.53	2.75
	2-庚酮	—	—	0.04	—	—
	1,3,3-三甲基-双环[2.2.1]庚-2-酮	—	0.16	0.41	0.91	0.97
	1,7,7-三甲基-双环[2.2.1]庚-2-酮	—	—	—	0.06	0.03
	2,2-(八氢-2,3-噻啶亚基)-苯基-乙酮	—	—	—	—	0.03
	2-乙基-3-羟基-4H-吡喃-4-酮	—	—	—	—	0.02
	3-羟基-2-丁酮	0.85	—	0.06	0.08	—
	3,3-二甲基-1,2-茛满二酮	—	—	—	0.07	—
	6,6-二甲基-双环[3.1.1]庚-2-酮	—	—	0.04	—	—
	6-甲基-5-庚烯-2-酮	—	0.80	0.89	1.54	2.22
八氢-7 α -甲基-1H-茛-1-酮	—	—	—	—	0.02	
合计	0.85	5.87	5.74	6.31	6.19	
酯类	乙酸,氧代,甲酯	—	—	0.05	—	—
	乙酸芳樟酯	—	—	—	—	0.05
	乙酸,1,7,7-三甲基-双环[2.2.1]庚-2-基酯	—	—	—	—	0.02
	乙酸环氧-3-茛烯酯	—	—	—	—	0.01
	十六烷酸甲酯	0.92	—	—	—	—
	1,2-苯二甲酸,双(2-甲基丙基)酯	1.81	—	—	—	0.01
	过氧乙酸,1-氧基-1-[2-(2-苯基-1,3-二氧戊环-2-基)乙基]戊酯	1.37	—	—	—	—
1,2-乙二醇,二乙酸酯	—	—	—	—	0.03	

续表 2

化合物 种类	化合物名称	相对含量/%					
		鲜肉	30 min	60 min	90 min	120 min	
酯类	丙酸,2-羟基-乙酯	—	0.03	0.03	0.02	0.05	
	正己酸乙烯基酯	—	—	—	—	0.04	
	2,6-辛二烯-1-醇,3,7-二甲基-乙酸酯	—	—	0.02	0.20	0.11	
	二(丁氧基乙基)酯	—	—	0.20	0.18	0.18	
	亚硝酸仲丁酯	—	—	—	—	0.02	
	合计	4.10	0.03	0.30	0.40	0.52	
醚类	八乙二醇单十二烷基醚	—	0.34	0.08	—	—	
	茴香醚	—	—	0.12	0.30	0.44	
	15-冠-5-醚	0.81	0.01	—	—	—	
	合计	0.81	0.35	0.20	0.30	0.44	
酚类	2,4-双(1,1-二甲基乙基)-苯酚	3.04	—	—	—	—	
	甲基丁香酚	—	—	—	0.02	0.01	
	合计	3.04	0.00	0.00	0.02	0.01	
含硫、含氮、 杂环化合物	乙胺	—	—	—	—	0.03	
	5-氧甲基- <i>d</i> -葡萄糖二甲基酰胺	0.17	0.09	—	—	—	
	<i>N</i> -[3-(二甲基氨基)丙基]-甲酰胺	—	—	0.42	1.04	0.85	
	2-叔丁氧基羰基氨基- <i>N</i> 2-苄氧基羰基-乙酰肼	—	—	—	—	0.08	
	2-羟基-丙酰胺	—	—	—	—	0.26	
	三环[4.3.1.1(3,8)]十一烷-1-胺	—	—	—	—	0.05	
	2,6,6-三甲基-二环[3.1.1]庚-3-基胺	—	—	—	0.04	—	
	苄基 2,3-脱水- α - <i>d</i> -核糖核苷	—	—	—	—	0.03	
	二甲基三硫化物	—	0.14	0.20	0.08	0.22	
	(2-氮杂环)胺	1.08	1.05	0.64	0.33	—	
	甲酰胺	—	0.07	—	—	—	
	外-4-(苯磺酰基)-二环[3.2.1]辛-2-烯	—	—	0.20	—	—	
	合计	1.25	1.35	1.46	1.49	1.52	
	其他	5-乙烯基四氢- α , δ ,5-三甲基-2-咪喃甲醇	—	—	—	—	0.08
		2-胍基乙醇	—	0.25	0.19	0.20	0.20
		己酸,酐	—	—	—	0.03	0.01
		5-甲氧基-1,3-二甲基-1H-吡啶	—	—	—	—	0.04
2-戊基-咪喃		—	0.25	0.15	0.17	0.26	
3-(4-甲基-3-戊烯基)-咪喃		—	—	—	—	0.02	
草蒿		—	0.08	0.17	0.19	0.24	
芳樟醇氧化物(咪喃)		—	—	—	0.01	—	
拓扑替康		—	—	—	0.09	0.29	
2-乙酰基噻吩		—	—	—	—	0.08	
3-氟- α ,5-二羟基- <i>N</i> -甲基-苯乙胺		—	—	0.71	1.05	—	
三氯甲烷		19.16	—	—	—	—	
氟-乙炔		0.46	—	—	—	—	
十六甲基-环十四硅氧烷		1.12	0.08	0.07	0.11	—	
羟基脲		20.10	0.27	—	—	—	
十四甲基-环庚硅氧烷		—	0.09	0.16	0.19	0.04	
十二甲基-环己硅氧烷		—	—	0.07	—	—	
合计	40.84	1.02	1.52	2.04	1.26		

† “—”表示未检出。

表 3 传统酱制样品酱制过程中游离氨基酸含量变化[†]
Table 3 Changes in free amino acid content during the process of sauce in traditional sauce products

氨基酸	0 min	30 min	60 min	90 min	120 min
天冬氨酸(Asp)	11.62	10.88	10.86	11.61	11.50
谷氨酸(Glu)	22.26	25.76	22.89	33.54	34.93
丝氨酸(Ser)	2.77	3.43	3.10	3.31	4.59
甘氨酸(Gly)	7.72	10.80	9.26	9.55	12.89
苏氨酸(Thr)	15.52	16.03	16.12	16.89	18.75
丙氨酸(Ala)	119.32	164.67	166.43	172.09	184.02
脯氨酸(Pro)	12.06	11.03	9.21	9.89	11.13
精氨酸(Arg)	8.15	9.86	8.78	11.75	14.95
缬氨酸(Val)	17.96	16.81	16.31	17.43	17.91
赖氨酸(Lys)	9.27	11.59	10.55	13.13	12.98
组氨酸(His)	5.60	8.15	7.29	7.31	12.40
酪氨酸(Tyr)	18.04	23.29	22.34	22.47	24.54
半胱氨酸(Cys)	3.38	5.45	4.40	4.49	6.85
甲硫氨酸(Met)	6.52	8.11	7.32	7.68	8.59
苯丙氨酸(Phe)	8.29	9.65	8.94	10.75	10.76
异亮氨酸(Lie)	7.08	8.29	7.80	8.26	9.48
亮氨酸(Leu)	13.88	16.12	15.07	18.30	18.31
总游离氨基酸	289.45	361.93	346.67	378.46	415.60

† 滋味特征^[20-21]:天冬氨酸、谷氨酸为鲜味;丝氨酸、甘氨酸、苏氨酸、丙氨酸、脯氨酸为甜味;精氨酸、缬氨酸、赖氨酸为甜/苦味;组氨酸、酪氨酸、半胱氨酸、甲硫氨酸、苯丙氨酸、异亮氨酸、亮氨酸为苦味。

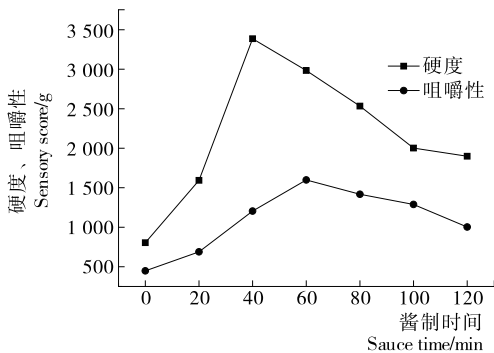


图 2 传统酱卤肉制品质构变化

Figure 2 Texture changes of traditional sauce and braised pork products

可能由于酱制的温度较高、时间较长,肌原纤维蛋白变性逐渐结束,肌纤维直径变小,间隙增大,结缔组织被破坏,胶原蛋白胶化,使得肌肉内部组织变得松散,硬度、咀嚼性逐渐变小^[25]。

2.5 传统酱制过程中感官评定

对不同酱制时间下的传统酱卤肉制品分别进行风味

(包括滋味、香气,共 40 分)、质构(包括适口性、弹性,共 40 分)以及整体评分,感官评分见表 1。如图 3 所示,酱制过程中质构感官评分先上升后逐渐降低,酱制 40~60 min 时样品的质构较好,结合图 2,此时硬度与咀嚼性分别为 3 000~3 500,1 300~1 600 g,表明并非酱制时间越长,样品的质构品质越好;酱制过程中风味感官评分逐渐上升,表明较长的酱制时间有利于酱卤肉制品风味的形成。整体感官品评表明,95 °C 条件下酱制 100 min 时样品品质最好。

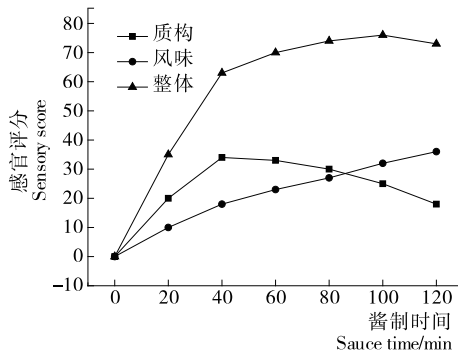


图 3 传统酱卤肉制品感官评分变化

Figure 3 Changes in sensory scores of traditional sauce and braised pork products

3 结论

试验探讨了传统酱卤肉制品酱制过程中挥发性风味物质、游离氨基酸及质构的变化规律,发现 95 °C 条件下酱制 100 min 时样品整体品质最好,与黄艳梅^{[10]28}的结果类似。试验仅涉及传统酱卤肉制品风味及质构的变化规律,后续将对改善样品风味、质构、整体品质的问题进行研究。

参考文献

[1] 苑冰冰,张苏苏,赵子瑞,等. 酱卤肉制品加工与新技术应用研究进展[J]. 农产品加工, 2016(18): 39-45.
 [2] 武苏苏. 煮制条件对卤鸡肉与鸡汤风味的影响[D]. 郑州: 河南农业大学, 2015.
 [3] 刘欣. 肉桂在卤鸡肉风味形成中的作用研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2013: 4.
 [4] JURADO A, GARCÍA C, TIMÓN M L, et al. Effect of ripening time and rearing system on amino acid-related flavour compounds of Iberian ham[J]. Meat Science, 2007, 75(4): 585-594.
 [5] 刘源,周光宏,徐幸莲,等. 南京盐水鸭挥发性风味化合物的研究[J]. 食品科学, 2006, 27(1): 166-171.
 [6] WANG Xiao-dan, ZHU Ling-tao, HAN Yun-xiu, et al. A-nal-ysis of volatile compounds between raw and cooked beef by HS-SPME-GC-MS[J]. Journal of Food Processing and

- Preservation, 2017, DOI: 10.1111/jfpp.13503.
- [7] ZHANG Jian-hao, ZHOU Guang-hong, ZHU Jian-hui, et al. Changes of free-amino acid and volatile flavor compounds and its correlations in traditional processing of Jinhua ham[J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 2004, 27(4): 96-100.
- [8] MORTENSEN L M, FRØST M B, SKIBSTED L H, et al. Effect of time and temperature on sensory properties in low-temperature long-time sous-vide cooking of beef[J]. Journal of Culinary Science & Technology, 2012, 10(1): 75-90.
- [9] 孙刚, 陈朝敏, 吴文辉. 酱卤肉制品的生产工艺: 中国, 103689656A[P]. 2014-04-02.
- [10] 黄艳梅. 酱卤肉制品的工艺改进及综合保鲜技术的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2016.
- [11] 高静, 曹叶萍, 郇延军. 单一菌种和复合菌种发酵对猪肉脯挥发性风味物质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(1): 128-136.
- [12] 常亚楠, 赵改名, 柳艳霞, 等. 煮制对鸡肉及汤汁中游离氨基酸的影响[J]. 食品工业科技, 2014, 35(9): 333-337, 342.
- [13] TRESPALACIOS P, PLA R. Simultaneous application of transglutaminase and high pressure to improve functional properties of chicken meat gels[J]. Food Chemistry, 2007, 100(1): 264-272.
- [14] 肖岚, 辛松林, 李诚, 等. 电子鼻在肉味香精质量控制中的应用研究[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(5): 111-113, 141.
- [15] 孙圳, 韩东, 张春晖, 等. 定量卤制鸡肉挥发性风味物质剖面分析[J]. 中国农业科学, 2016, 49(15): 3 030-3 045.
- [16] SANSONE-LAND A, TAKEOKA G R, SHOEMAKER C F. Volatile constituents of commercial imported and domestic black-ripe table olives(*Olea europaea*) [J]. Food Chemistry, 2014, 149(8): 285-295.
- [17] 孟凡冰, 刘达玉, 向茂德, 等. 不同卤制方法对白鹅腿肉品质及挥发性风味成分的影响[J]. 食品工业科技, 2018, 39(5): 272-279.
- [18] 王庭. 脂质对荣昌猪肉风味的贡献研究[D]. 重庆: 西南大学, 2011: 27.
- [19] WANG Ying, JIANG Ya-ting, CAO Jing-xuan, et al. Study on lipolysis-oxidation and volatile flavour compounds of dry-cured goose with different curing salt content during production[J]. Food Chemistry, 2016, 190: 33-40.
- [20] 刘天天, 梁中永, 范思华, 等. 北海沙蟹特征滋味成分的分析[J]. 食品科学, 2018, 39(14): 243-248.
- [21] DERMIKI M, PHANPHENSOPHON N, MOTTRAM D S, et al. Contributions of non-volatile and volatile compounds to the umami taste and overall flavour of shiitake mushroom extracts and their application as flavour enhancers in cooked minced meat [J]. Food Chemistry, 2003, 141(1): 77-83.
- [22] MOTTRAM D S. Flavour formation in meat and meat products: A review[J]. Food Chemistry, 1998, 62(4): 415-424.
- [23] DASHDORJ D, AMNA T, HWANG I. Influence of specific taste-active components on meat flavor as affected by intrinsic and extrinsic factors: An overview[J]. European Food Research and Technology, 2015, 241: 157-171.
- [24] 孙承锋, 周楠, 朱亮, 等. 卤猪肉加工过程中游离脂肪酸、游离氨基酸及核苷酸变化分析[J]. 现代食品科技, 2016, 32(6): 200-206.
- [25] 王琳可. 火候对卤煮鸡腿质构、色泽的影响研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2015: 54.

(上接第 49 页)

- [17] SHU Shao-hua, CHEN Bei, ZHOU Meng-chun, et al. *De novo* sequencing and transcriptome analysis of *Wolfiporiacocos* to reveal genes related to biosynthesis of triterpenoids[J]. Plos One, 2013, 8(8): 1-10.
- [18] 聂文强, 吴天祥, 钟敏, 等. 真菌灰树花菌丝体转录组测序及分析[J]. 食品科学, 2017, 38(20): 6-11.
- [19] GRABHERR M G, HAAS B J, YASSOUR M, et al. Trinity: reconstructing a full-length transcriptome without a genome from RNA-Seq data[J]. Nature Biotechnology, 2011, 29(7): 644-652.
- [20] SKARBEEK K, MILEWSKA M J. Biosynthetic and synthetic access to amino sugars [J]. Carbohydrate Research, 2016, 434(5): 44-71.
- [21] BAR-PELED M, O'NEILL M A. Plant nucleotide sugar formation, interconversion, and salvage by sugar recycling [J]. Annual Review of Plant Biology, 2011, 62(2): 127-155.
- [22] ZHANG Ji, PAVLOVA N N, THOMPSON C B. Cancer cell metabolism: the essential role of the nonessential amino acid, glutamine[J]. Embo Journal, 2017, 36(10): 1 302-1 315.
- [23] LUKEY M J, GREENE K S, ERICKSON J W, et al. The oncogenic transcription factor c-Jun regulates glutaminase expression and sensitizes cells to glutaminase-targeted therapy[J]. Nature Communications, 2016, 7(5): 11 321-11 335.
- [24] XIANG Yan, STINE Z E, XIA Jin-song, et al. Targeted inhibition of tumor-specific glutaminase diminishes cell-autonomous tumorigenesis [J]. Journal of Clinical Investigation, 2015, 125(6): 2 293-2 306.