

DOI:10.3969/j.issn.1000-9973.2023.01.015

引文格式:陈丽兰,吴华昌,胡琦锋,等.不同部位牛肉制作的干煸牛肉品质及挥发性风味成分差异性分析[J].中国调味品,2023,48(1):80-86.

CHEN L L, WU H C, HU Q F, et al. Analysis of difference of quality and volatile flavor components of dry-fried beef made of different parts of beef[J]. China Condiment, 2023, 48(1): 80-86.

不同部位牛肉制作的干煸牛肉品质及挥发性风味成分差异性分析

陈丽兰¹, 吴华昌¹, 胡琦锋¹, 易宇文¹, 杨芳¹, 张佳敏², 袁灿^{1*}

(1. 四川旅游学院, 成都 610100; 2. 肉类加工四川省重点实验室, 成都 610100)

摘要:实验以牛里脊、牛后腿和牛臀肉为原料制作干煸牛肉, 并对其营养特性、质构、色泽、风味和感官品质进行分析, 研究表明其营养特性、质构、风味和感官指标上存在显著性差异($P < 0.05$), 色泽无明显差异。其中牛后腿肉样品的硬度、弹性和咀嚼性最高, 里脊肉样品色泽、亮度和红度较高; 牛里脊样品的醇类、酯类和烯烃类含量较高, 牛臀肉样品的醛类含量较高, 牛后腿肉样品的烷烃类含量较高。里脊肉样品感官评价总分最高, 为 81.45。由 Pearson 相关性可知, 香气与醇类、酯类和烯烃类相关性显著($P < 0.05$), 色泽与 L^* 值和 a^* 值相关性显著($P < 0.05$), 碳水化合物与烯烃类相关性显著($P < 0.05$)。

关键词:不同部位牛肉; 干煸牛肉; 差异性分析

中图分类号: TS251.52

文献标志码: A

文章编号: 1000-9973(2023)01-0080-07

Analysis of Difference of Quality and Volatile Flavor Components of Dry-Fried Beef Made of Different Parts of Beef

CHEN Li-lan¹, WU Hua-chang¹, HU Qi-feng¹, YI Yu-wen¹,

YANG Fang¹, ZHANG Jia-min², YUAN Can^{1*}

(1. Sichuan Tourism University, Chengdu 610100, China; 2. Key Laboratory of Meat Processing in Sichuan Province, Chengdu 610100, China)

Abstract: In this experiment, the dry-fried beef is prepared with beef fillet, round steak and rump steak as the raw materials, and its nutritional characteristics, texture, color, flavor and sensory quality are analyzed. The research shows that there are significant differences ($P < 0.05$) in nutritional characteristics, texture, flavor and sensory indexes, but there is no significant difference in color. The hardness, elasticity and chewiness of round steak sample are the highest, while the color, brightness and redness of beef fillet sample are higher. The content of alcohols, esters and olefins in beef fillet sample is higher, the content of aldehydes in rump steak sample is higher, and the content of alkanes in round steak sample is higher. The total sensory evaluation score of beef fillet sample is the highest of 81.45. Pearson correlation shows that aroma is significantly correlated with alcohols, esters and olefins ($P < 0.05$), color is significantly correlated with L^* and a^* values ($P < 0.05$), and carbohydrate is significantly correlated with olefins ($P < 0.05$).

Key words: different parts of beef; dry-fried beef; difference analysis

牛肉含有优质高蛋白, 其含量一般在 20% 以上, 且含有多种人体所需的氨基酸, 深受大众喜爱^[1-2]。干煸牛肉是一道以牛肉为主料的经典川菜菜肴, 是牛

肉辅以多种调味料, 经干煸烹饪制成, 深受消费者青睐。当前干煸牛肉多采用传统的烹饪方式制得, 在各类厨房中少量分批烹饪, 因此其消费和食用方式及大

收稿日期: 2022-07-19

基金项目: 肉类加工四川省重点实验室开发基金项目资助(20-R-01); 四川旅游学院校级项目(2020SCTU67)

作者简介: 陈丽兰(1988—), 女, 助理研究员, 硕士, 研究方向: 食品科学与工程。

* 通信作者: 袁灿(1987—), 男, 讲师, 博士, 研究方向: 食品风味化学。

批量工业化生产受到了限制^[3-4]。钟世荣等^[5]报道了一种干煸牛肉复合调味料,其根据干煸牛肉的风味特点,通过调整调味料配比,烹制出不同风味类型的干煸牛肉,该研究有利于干煸牛肉的规模化生产。对于干煸牛肉品质的研究是推进干煸牛肉工业化生产的重要基础,而原料的组成(原料肉、辅料)是影响干煸牛肉品质的重要因素。焦阳阳等^[6]报道了不同部位牛肉对牛肉片品质的影响,结果发现,辣椒条牛肉制品的保水性好,而牛腱制品的感官评分最低。赵改名等^[7]比较了云岭牛霖肉、臀肉、肩肉、牛腱、黄瓜条和牛腩6个部位肉的品质特性,发现肩肉块状产品、霖肉可用于开发烤制产品,臀肉可用于开发肠类产品。由此可见,牛肉作为干煸牛肉重要的组成原料,其加工过程对干煸牛肉的品质起到重要的作用。干煸牛肉的原料多选用牛里脊或者牛后腿肉。据调查,家庭和商业做法也常选用牛臀肉作为原材料,主要是因为牛臀肉纹理细致,肉质近似牛里脊,且牛臀位置接近牛后腿,牛臀肉和牛后腿肉的质地也有相近之处。食材选用是决定菜品品质的重要因素之一,确定适宜的加工原料是菜品工业化生产的重要步骤^[8-9]。因此,研究不同原料对干煸牛肉品质的影响至关重要。本文选择牛里脊、牛后腿肉和牛臀肉作为研究对象,通过营养特性分析、质构分析、色泽分析、挥发性风味物质分析和感官评价,比较分析牛里脊、牛后腿肉和牛臀肉的品质特性,进而为干煸牛肉的标准化、工业化生产提供理论依据。

1 材料与amp;方法

1.1 材料与试剂

牛肉(雄性西门塔尔牛,20月龄,宰后72 h,不同部位牛肉大小均为2 kg的块状,于0~4℃冷藏);购自成都市郫都区伊塞牛肉批发零售中心;红油豆瓣酱:四川省郫县豆瓣股份有限公司;芹菜、蒜苗、姜、食盐、千禾烹饪料酒、花椒粉、爱蜀味辣椒红油、李锦记芝麻香油、福临门纯香菜籽油、味精;均购自本地超市。

1.2 主要仪器与设备

MX-50L可倾式燃气炒锅 诸城市茂新机械有限公司;75 μm CAR/PDMS萃取头 美国Supelco公司;GC-MS-QP2010 Plus气相色谱-质谱仪 日本SHIMADZU公司;NH300高品质电脑色差仪 深圳三恩时科技有限公司;Calory Answer CA-HM食品热量成分检测仪 日本JWP公司;TMS-Pro食物物性分析仪 美国FTC公司;A200万分之一电子天平 上海舜宇恒平科学仪器有限公司;实验室常用烹饪设备。

1.3 干煸牛肉加工工艺

原料肉→分割→清洗→整理切丝→煸炒→成品。

四川省地方标准DB51/T 1728-2014《中国川菜经典菜肴制作工艺规范》的操作要点如下:原料预处

理:牛肉横切成粗丝,姜切成长约2 cm的细丝,芹菜、蒜苗切成长约4 cm的段;烹制:锅中放油烧至180℃,放入牛肉丝(300 g)煸炒至吐油,加入郫县豆瓣酱(30 g)炒香,加入姜丝(5 g)、料酒(15 g)炒匀,炒出香味,放入蒜苗(20 g)、芹菜(35 g)、食盐(1 g)、芝麻油(3 g)、辣椒油(10 g)、花椒粉(1 g)炒至断生,装盘。不同部位牛肉样品分别标号:牛后腿肉样品为HT,牛里脊肉样品为LT,牛臀肉样品为TT。

1.4 试验条件

1.4.1 GC-MS条件

采用顶空固相微萃取-气质联用法分析不同部位牛肉制得的干煸牛肉的香气成分,相关条件如下^[10]:

萃取条件:取炒制后的干煸牛肉丝5.0 g置于密封空瓶中,60℃下恒温水浴30 min,将老化(250℃,10 min)过的固相萃取针插入样品瓶中,吸附30 min,然后在250℃气相色谱进样口解吸5 min。

GC条件:色谱柱:Rtx-5MS(30 m×0.25 mm,0.25 μm),柱箱初始温度40℃,进样口温度270℃,在压力49.5 kPa下进样,柱流量1.00 mL/min,分流比3:0;柱温箱升温程序:40℃,保持5 min,以5℃/min的速度升温至150℃,保持2 min,再以10℃/min的速度升温至280℃,保持3 min。

MS条件:电子电离源,离子源温度200℃,接口温度220℃;溶剂延迟时间0.1 min;MS开始时间0.2 min,结束时间45 min,间隔0.5 s;质量扫描范围30~500 m/z。

定量分析条件:将GC-MS测定的各组分结果与NIST 08质谱库进行检索对照,取正向和反向在800以上的挥发性成分。以浓度为1 000 ng/mL的邻二氯苯(溶解相为甲醇)为内标物,按照下式对各组分进行定量分析:

$$C_x = \frac{C_o \times V_o \times S_x}{S_o \times m}$$

式中: C_x 为未知化合物的含量,ng/g; C_o 为内标物的质量浓度,ng/mL; V_o 为内标物的进样体积,mL; S_x 为未知化合物的峰面积,AU·min; S_o 为添加的内标物的峰面积,AU·min; m 为试样的质量,g。

1.4.2 色差分析

利用三恩时NH300高品质电脑色差仪,采用LE照明方式;d/8(漫射照明,8°方向接收),视觉角度10°对样品的 L^* 、 a^* 和 b^* 值进行分析,用标准白板作标准。

1.4.3 食品热量营养成分分析

采用日本JWP公司生产的Calory Answer CA-HM食品热量成分检测仪,用厨房纸去除牛肉样品表面调料,并用粉碎机粉碎,在常温状态下将粉碎的样品放入反射测试盒中,盖上石英玻璃盖并确保石英没有倾斜,根据牛肉样品在Measurement Mode中选择

“reflection”反射模式,选择对应的测试曲线,打开测试室门,放入反射标准测试盒(反色空白版),进行反射标准光测试。

1.4.4 感官评价

将制备得到的成品无顺序编号后,交由具有感官评鉴理论背景的感官评定小组进行感官评价。评价小组由参照 GB/T 16291.1—2012 和 GB/T 16291.2—2010 培训的食品专业本科生组成,共 10 人,男女各半,分别对样品进行评价。评定总分为 100 分,感官评价标准见表 1。

表 1 感官评价表
Table 1 Sensory evaluation table

类别(总分)	标准	评分
香气 (25)	香气浓郁,具有较好的肉香味、调和的香辛料香气	25~16
	香气一般,香辛料香气和肉香味都较平淡	15~11
	香气差,无肉香味和香辛料香气	<10
色泽 (25)	棕红,光泽度好	25~16
	暗红,微发乌	15~11
	发乌黑	<10
口感 (25)	麻辣咸鲜,酥香化渣	25~16
	麻辣咸鲜,化渣	15~11
	麻辣咸鲜,不化渣	<10
组织结构 (25)	质地均匀,形状规则整齐	25~16
	质地较均匀,形态较规则整齐	15~11
	质地不均匀,形态不规则	<10

1.4.5 质构分析

参考代媛媛等^[11]的方法,将干煸牛肉成品使用质构仪进行全质构分析(TPA)试验,采用 P/5 柱形探头,测试速度为 60 mm/min,因变量为 60%。采用燕尾剪切探头对干煸牛肉样品进行剪切试验,测试速度为 60 mm/min,回程距离为 25 mm。对每一组样品进行 6 次重复测定。

1.5 统计与分析

使用 SPSS 20.0 软件进行样品的数据分析,结果以“平均值±标准差”表示,并通过 Duncan's multiple range test 方法进行差异显著性分析,使用 Origin 2019 作图。

2 结果与分析

2.1 不同部位牛肉营养特性

表 2 不同部位牛肉的营养特性

Table 2 Nutritional characteristics of different parts of beef		g/100 g			
部位	蛋白质含量	脂肪	碳水化合物	水分	
炒制前	牛后腿肉	22.60±0.45 ^b	2.73±0.35 ^a	0.33±0.06 ^c	74.34±0.55 ^b
	牛里脊	24.57±0.41 ^a	1.83±0.34 ^b	0.53±0.15 ^a	73.97±1.96 ^b
	牛臀肉	22.23±0.35 ^b	1.73±0.18 ^b	0.43±0.05 ^b	75.62±0.45 ^a

续表

		g/100 g			
部位	蛋白质含量	脂肪	碳水化合物	水分	
炒制后	牛后腿肉	34.80±0.20 ^a	16.76±0.47 ^a	0.30±0.00 ^a	48.14±0.69 ^c
	牛里脊	33.63±0.51 ^b	15.20±0.91 ^b	0.37±0.06 ^a	50.80±1.31 ^a
	牛臀肉	34.18±0.35 ^a	16.30±0.18 ^a	0.32±0.05 ^a	49.25±0.29 ^b

注:同列不同字母表示有显著性差异($P<0.05$);HT 表示牛后腿肉;LT 表示牛里脊;TT 表示牛臀肉,下表同。

由表 2 可知牛后腿肉、牛里脊和牛臀肉炒制前后蛋白质、脂肪、碳水化合物和水分含量的变化。水分是牛肉中含量最高的成分,牛肉的组织状态和品质与其有关。炒制前牛臀肉的水分含量高于牛里脊和牛后腿肉,且差异性明显($P<0.05$),而炒制后牛肉的水分含量明显降低,且牛里脊含水量高于牛后腿肉和牛臀肉,三者差异性明显($P<0.05$),水分含量对成品的口感也有直接影响。炒制前牛里脊的蛋白质含量高于牛后腿肉和牛臀肉,且差异性明显($P<0.05$),炒制后样品的蛋白质含量明显增加,主要是由于炒制后牛肉的水分损失较多,并且加工后牛肉的粗蛋白明显增加。炒制后牛后腿肉和牛臀肉的蛋白质高于牛里脊,差异明显($P<0.05$)。炒制前样品的脂肪含量较低,且牛后腿肉和牛里脊的脂肪含量高于牛臀肉,且差异性显著,但是,炒制后样品的脂肪含量明显增加,归因于牛肉在 180 °C 炒制过程中单粗脂肪酸含量会明显增加,也有可能与使用的食用油有关。样品碳水化合物含量在炒制前后变化不明显。

2.2 不同部位牛肉质构分析

表 3 不同部位牛肉的质构指标

Table 3 Texture indexes of different parts of beef

部位	硬度/N	弹性/mm	咀嚼性/mJ
牛后腿肉	16.39±0.41 ^a	2.73±0.11 ^a	4.73±0.22 ^a
牛里脊	10.67±0.32 ^c	2.13±0.08 ^b	2.80±0.12 ^c
牛臀肉	15.12±0.53 ^b	1.86±0.09 ^c	3.66±0.23 ^b

牛肉的质构可以通过硬度、弹性和咀嚼性等指标进行评价,硬度通常是指样品经历首次压缩时的压力峰值,弹性通常用来描述样品经首次压缩后再次恢复的程度,而咀嚼性可呈现出样品对施加压力的持续抵抗力^[12-13]。由表 3 可知,3 种样品在硬度、弹性和咀嚼性指标上差异性显著($P<0.05$),牛后腿肉的 3 个指标均高于牛里脊和牛臀肉,归因于与牛里脊和牛臀肉相比,牛后腿肉是牛运动较多、负荷较大的部位,其结缔组织覆盖率高,表现出较大的硬度和咀嚼性,并且牛后腿肉胶原蛋白含量较高,表现出高弹性。处理时间相同,不同原料制得的干煸牛肉在质构方面存在较大差异。

2.3 不同部位牛肉色泽分析

对不同部位牛肉制得的样品进行色泽分析,结果见图 1。

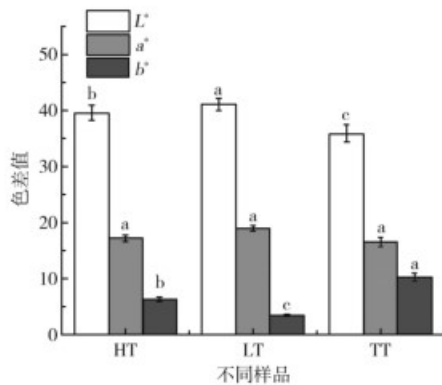


图 1 不同部位牛肉色差分析

Fig. 1 Color difference analysis of different parts of beef

注:不同小写字母表示有显著性差异($P < 0.05$)。

L^* 值表示样品的光泽和亮度^[14],由图 1 可知,样品的 L^* 值差异性明显($P < 0.05$),且牛里脊的 L^* 值高于牛后腿肉和牛臀肉,表明里脊肉制备的干煸牛肉亮度较好。 a^* 值表示样品的红度^[15],但是,样品间的 a^* 值差异性不明显,牛里脊的 a^* 值略大于其他样品,说明牛里脊肉制得的干煸牛肉红度略好。 b^* 值表示样品的黄度,样品间的 b^* 值差异性明显($P < 0.05$),其中牛臀肉的 b^* 值最大,表明牛臀肉制得的样品黄度较高。

2.4 不同部位牛肉的 GC-MS 分析

表 4 不同部位牛肉的 GC-MS 分析结果

Table 4 GC-MS analysis results of different parts of beef

物质类别	保留时间/min	化合物名称	风味描述	含量/(ng/g)		
				HT	LT	TT
醇类	3.083	正戊醇	面包香	6.84±0.25 ^a	3.74±0.11 ^b	—
	3.529	3-甲基丁醇	—	—	—	2.35±0.15 ^a
	4.423	2-丙基-1-庚醇	—	14.22±0.52 ^a	—	—
	5.293	(2R,3R)-(-)-2,3-丁二醇	—	—	16.94±0.49 ^a	—
	9.167	异己醇	—	—	—	2.01±0.21 ^a
	13.329	反式-2-辛烯-1-醇	蘑菇香	5.76±0.21 ^a	4.62±0.15 ^b	4.19±0.09 ^b
	15.192	桉叶油醇	草药味	65.34±2.06 ^b	71.50±2.21 ^a	—
	16.556	反式-4-(异丙基)-1-甲基环己-2-烯-1-醇	—	5.76±0.21 ^b	7.04±0.17 ^a	6.04±0.43 ^b
	16.771	顺- α , α -5-三甲基-5-乙炔基四氢吡喃-2-甲醇	—	4.32±0.12 ^a	4.40±0.13 ^a	4.02±0.17 ^a
	17.738	芳樟醇	茉莉花香	285.3±10.27 ^a	297.44±8.77 ^a	241.82±5.33 ^b
	19.972	异龙脑	—	—	11.00±0.32 ^a	—
	20.357	4-萜烯醇	胡椒味	10.98±0.39 ^c	16.06±0.47 ^a	11.91±0.38 ^b
	20.802	α -松油醇	丁香香气	19.26±0.53 ^b	24.20±0.71 ^a	7.04±0.26 ^c
	合计			417.78±14.56	456.94±13.53	279.39±7.02

续 表

物质类别	保留时间/min	化合物名称	风味描述	含量/(ng/g)			
				HT	LT	TT	
酯类	0.650	2-乙氧基-2-羟基乙酸乙酯	—	194.94±7.01 ^b	455.84±13.45 ^a	—	
	1.564	乙酸乙酯	—	—	—	4.53±0.23 ^a	
	2.815	乙酸丙酯	果香	—	5.72±0.17 ^a	—	
	5.687	乳酸乙酯	果香	14.58±0.52 ^a	—	2.01±0.17 ^b	
	6.274	乙酸丁酯	果香	—	12.1±0.31 ^a	—	
	9.895	丙烯酸正丁酯	—	4.68±0.17 ^a	3.96±0.16 ^b	—	
	10.445	丙酸丁酯	—	1.08±0.05 ^a	—	—	
	22.777	乙酸芳樟酯	薰衣草香	12.60±0.45 ^b	—	138.69±8.76 ^a	
	22.787	2-氨基苯甲酸-3,7-二甲基-1,6-辛二烯-3-醇酯	—	—	13.42±0.35 ^a	—	
	25.984	乙酸松油酯	—	—	—	7.88±0.37 ^a	
	26.332	香茅醇乙酸酯	—	—	—	6.04±0.25 ^a	
	合计			227.88±8.21	491.04±14.44	159.15±9.38	
	酮类	1.192	过氧化乙酰丙酮	—	25.38±0.91 ^b	—	60.71±4.19 ^a
		1.267	3-甲基-2,4-戊二酮	—	—	3.52±0.13 ^a	—
		1.415	2-丁酮	—	—	—	11.40±0.51 ^a
1.374		4-羟基-2-丁酮	乳香	12.60±0.45 ^a	3.52±0.17 ^b	—	
3.283		3-羟基-2-丁酮	—	4.86±0.19 ^b	—	10.40±0.38 ^a	
13.696		6-甲基-5-庚烯-2-酮	—	—	—	5.03±0.26 ^a	
合计			42.84±0.64	7.04±0.17	87.54±5.34		
醛类	0.750	乙醛	—	—	—	15.69±0.28 ^a	
	1.899	2-甲基丁醛	巧克力香	—	3.08±0.09 ^b	8.34±0.41 ^a	
	2.417	正戊醛	酒香	—	24.64±0.67 ^a	—	
	5.548	正己醛	蔬菜香气	32.58±1.17 ^a	25.74±0.79 ^b	36.85±0.82 ^c	
	10.038	正庚醛	芳香香气	7.74±0.26 ^b	9.24±0.27 ^a	—	
	10.066	3-羟基丁醛	—	3.60±0.13 ^a	—	—	
	10.165	5-甲基己醛	—	—	—	10.57±0.59 ^a	
	12.533	苯甲醛	坚果香	4.86±0.19 ^b	5.28±0.12 ^a	4.02±0.37 ^c	
	15.827	苯乙醛	—	—	—	4.53±0.28 ^a	
	17.872	壬醛	甜瓜香	42.84±1.44 ^c	51.48±1.52 ^b	56.01±1.35 ^a	
合计			91.62±3.19	119.46±3.46	136.02±4.10		
烷烃类	4.400	3-甲基庚烷	—	—	4.84±0.14 ^a	—	
	5.503	正辛烷	—	25.56±0.92 ^a	—	—	
	11.594	2,6-二甲基辛烷	—	1.98±0.09 ^a	—	—	
	12.260	3-乙基辛烷	—	—	3.08±0.09 ^a	—	
	12.773	2,3-二甲基壬烷	—	5.76±0.25 ^a	2.86±0.08 ^b	—	
	12.276	十一烷	—	71.28±2.57 ^a	43.34±1.28 ^b	—	
	13.617	2,2-二甲基癸烷	—	54.36±1.95 ^a	30.58±0.92 ^b	—	
	14.055	十二烷	—	5.22±0.16 ^b	—	61.55±3.62 ^a	
	19.227	3-甲基十一烷	—	9.00±0.32 ^b	20.90±0.61 ^a	—	
	20.079	3,8-二甲基癸烷	—	31.14±1.12 ^a	—	—	
21.030	正十五烷	蜡味	92.34±3.15 ^a	92.62±2.73 ^a	6.37±0.79 ^b		
26.936	正十六烷	—	4.32±0.16 ^b	6.16±0.18 ^a	—		
合计			300.96±10.69	204.38±6.03	67.92±4.41		

续 表

物质类别	保留时间/ min	化合物名称	风味描述	含量/(ng/g)		
				HT	LT	TT
	11.050	水芹烯	薄荷香	8.64±0.31 ^c	78.10±2.31 ^a	35.22±1.45 ^b
	11.292	β -蒎烯	松香	4.14±0.15 ^c	5.72±0.13 ^b	12.91±0.83 ^a
	11.880	蒎烯	樟脑味	7.38±0.27 ^c	11.00±0.32 ^b	26.66±0.38 ^a
	12.916	3-蒎烯	松香	28.44±1.05 ^a	—	—
	13.073	桉烯	—	—	—	32.70±2.45 ^a
	13.516	2-乙基-1-辛烯	—	6.84±0.25 ^a	—	—
	13.520	(2E)-3-甲基-2-壬烯	—	—	3.96±0.11 ^a	—
	13.715	月桂烯	薄荷香	97.74±3.51 ^c	131.34±3.85 ^a	110.18±2.56 ^b
	14.647	异松油烯	松香	8.10±0.29 ^c	9.68±0.32 ^b	29.01±0.69 ^a
	14.953	1,3-二甲基-4-乙基苯	—	18.00±0.65 ^a	—	—
烯炔类	15.116	(+)-柠檬烯	柑橘香	440.10±15.84 ^b	558.80±16.48 ^a	—
	15.510	α -蒎烯	松香	9.72±0.35 ^b	16.28±0.48 ^a	—
	15.888	罗勒烯	柑橘香	17.1±0.62 ^c	20.02±0.59 ^b	41.59±1.43 ^a
	16.244	γ -松油烯	柑橘香	9.90±0.37 ^c	12.10±0.36 ^b	36.22±1.31 ^a
	17.309	4-甲基-3-(1-甲基亚乙基)-环己烯	—	3.78±0.18 ^b	—	307.06±9.55 ^a
	17.319	3,7,7-三甲基双环[4.1.0]-2-庚烯	—	11.34±0.41 ^b	15.40±0.45 ^a	—
	18.731	2,6-二甲基-2,4,6-辛三烯	—	—	3.96±0.12 ^a	—
	20.565	(2E)-3-甲基-2-十一碳烯	—	—	3.30±0.12 ^a	—
	27.701	β -石竹烯	木质香气	4.50±0.17 ^b	14.74±0.41 ^a	—
	29.633	α -姜黄烯	草木香气	5.22±0.19 ^a	—	2.85±0.21 ^b
合计				692.28±24.61	907.06±26.05	634.41±20.86
其他	1.798	烯丙基戊基醚	—	11.16±0.47 ^a	5.28±0.14 ^b	—
	4.225	甲苯	—	2.34±0.09 ^a	1.76±0.05 ^b	—
	6.303	乙酰丙酸	—	14.94±0.54 ^a	—	—
	8.541	邻二甲苯	—	2.16±0.09 ^a	—	—
	10.574	2,5-二甲基吡嗪	坚果香气	3.06±0.15 ^a	—	—
	13.846	2-正戊基咪唑	—	—	—	2.01±0.09 ^a
14.936	邻异丙基甲苯	—	—	21.34±0.63 ^b	45.28±0.96 ^a	
17.039	2,3-二甲基-5-乙基吡嗪	坚果香气	3.78±0.18 ^a	1.98±0.19 ^b	—	
合计				37.44±1.52	30.36±1.01	47.29±1.05

由表 4 可知,通过气质联用共检测到 80 种挥发性风味成分,包括醇类 13 种、酯类 11 种、醛类 10 种、酮类 6 种、烷烃类 12 种、烯炔类 20 种和其他 8 种,其中牛后腿肉、牛里脊和牛臀肉样品中分别检测到挥发性风味成分 54,49,38 种,其中 17 种化合物为 3 种不同样品所共有,牛后腿肉、牛里脊和牛臀肉所特有的风味物质分别为 10,14,12 种。干煸牛肉主要的挥发性风味化合物包括芳樟醇、2-乙氧基-2-羟基乙酸乙酯、正十

五烷、(+)-柠檬烯、月桂烯等。不同处理组间的各类挥发性物质含量分析和种类数比较见图 2 和图 3。

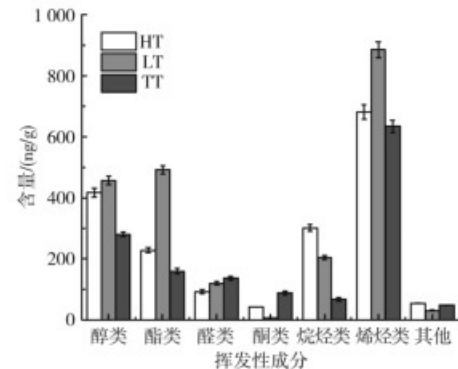


图 2 干煸牛肉挥发性风味物质含量

Fig. 2 Content of volatile flavor substances in dry-fried beef

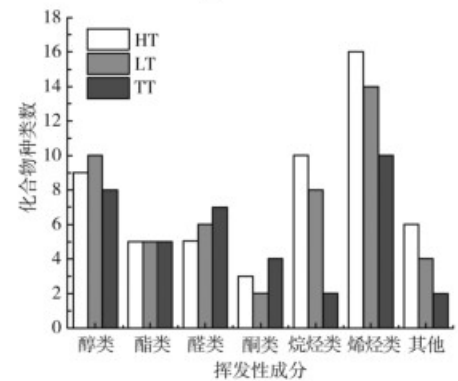


图 3 干煸牛肉挥发性风味物质种类及数量

Fig. 3 Types and quantity of volatile flavor substances in dry-fried beef

3 种样品中共检测到 13 种醇类挥发性物质,其主要产生于脂肪氧化过程,饱和醇对整体风味贡献较小,非饱和醇对风味的贡献较大。由表 4 可知,正戊醇具有面包香味,芳樟醇是两种样品所具有的相对含量最高的挥发性成分,其具有茉莉花香^[16]。反式-2-辛烯-1-醇呈现蘑菇香,桉叶油醇呈现草药味,4-萜烯醇具有胡椒味, α -松油醇具有丁香香气^[17]。除此之外,3 种样品中含有非饱和醇,如反式-4-(异丙基)-1-甲基环己-2-烯-1-醇和顺- α , α -5-三甲基-5-乙基四氢化咪唑-2-甲醇。

共检测到酯类化合物 11 种,在所有挥发性化合物中,酯类物质呈现出水果香气,主要来源于短链脂肪酸水解,是干煸牛肉重要的香气物质。由表 4 可知,乙酸丙酯、乳酸乙酯和乙酸丁酯均具有果香味,均可赋予样品香气。样品 LT、HT 中含有大量的 2-乙氧基-2-羟基乙酸乙酯,且样品 LT 的含量明显高于 HT。同时,样品 TT 中含有大量呈现薰衣草香味的乙酸芳樟酯。

样品中酯类相对含量的顺序为 $LT > HT > TT$, 表明里脊肉制得的干煸牛肉所释放的酯类挥发性物质更多。

醛类被认为是肉类的重要香气成分, 一般来源于非饱和脂肪酸氧化过程, 或者糖类的降解过程。由表 4 可知, 共检测到醛类化合物 10 种, 其中正己醛、苯甲醛和壬醛是样品所共有的化合物, 分别具有木香、蔬菜香、芳香香气和坚果香。另外, 壬醛是典型的脂肪氧化产物^[18-19], 具有甜瓜香, 牛肉的加入使样品总体油脂含量增加, 所产生的壬醛也更多。一般情况下, 醛类物质的阈值较小, 对于肉类的风味贡献较大^[20], 因此, 与酯类和醇类物质相比, 醛类物质的相对含量较小, 但其对于干煸牛肉的风味贡献显著。

烷烃和烯烃两种烃类物质在干煸牛肉样品中检测出的种类较多, 其中烷烃类具有 12 种, 烯烃类具有 20 种。烷烃类挥发性物质主要来源于脂肪酸烷氧自由基的断裂, 烷烃类化合物含量的差异可能是由牛肉原料脂肪酸的差异造成的^[21]。正十五烷、十一烷、2,2-二甲基癸烷是含量较为丰富的烷烃类物质, 其中正十五烷有蜡味。虽然烷烃类的相对含量较大, 但是其对于干煸牛肉的风味贡献较小。烯烃类是检测到化合物种类最多的一类物质, 其中 10 种以上为萜类化合物, 比如 β -蒎烯、蒎烯、3-蒎烯、月桂烯、异松油烯、(+)-柠檬烯、罗勒烯、 γ -松油烯、 α -姜黄烯等。萜类化合物多来源于郫县豆瓣和香辛料, 可赋予肉类松香、柑橘香和薄荷香。例如, (+)-柠檬烯具有柑橘香气味, 主要可能由干煸牛肉调料产生, 月桂烯和水芹烯具有薄荷香。通常, 萜类化合物气味呈味阈值较小, 气味表现较为强烈, 对肉类风味具有重要贡献^[22]。由图 2 可知, 与其他化合物相比, 烯烃类物质的相对含量最大, 且样品 LT 中含量最大, 对于干煸牛肉的风味也有一定的影响。

3 个样品中共检测到酮类 6 种, 其他化合物 8 种, 酮类和其他化合物的相对含量较小。酮类的来源多为不饱和脂肪酸的氧化降解, 有些是形成杂环类化合物的重要中间体^[23]。牛里脊样品中酮类含量最低, 仅为 7.04 ng/g, 而牛臀肉的含量为 87.54 ng/g。牛后腿肉和牛臀肉含有过氧化乙酰丙酮, 其可能为食品添加剂, 可以提供酯香味。在其他类化合物中, 主要是各自样品所单独具有的挥发性化合物, 相对含量也较低。其中, 2,5-二甲基吡嗪和 2,3-二甲基-5-乙基吡嗪为含氮类化合物, 具有坚果香气, 被认为是美拉德反应产物^[24-25]。

2.5 不同部位牛肉感官评价

感官评价结果见表 5。

表 5 不同部位牛肉感官评分表

Table 5 Sensory scores of different parts of beef

样品编号	香气	色泽	口感	组织结构	合计
HT	19.24±0.39 ^b	20.16±0.35 ^a	18.28±0.20 ^c	18.46±0.47 ^e	76.14
LT	20.53±0.28 ^a	20.41±0.46 ^a	20.24±0.16 ^a	20.27±0.33 ^a	81.45
TT	18.12±0.25 ^c	19.78±0.35 ^a	19.89±0.22 ^b	19.34±0.28 ^b	77.13

由表 5 可知, 里脊肉合计总分最高, 为 81.45, 3 个部位牛肉之间香气、口感和组织结构存在显著性差异 ($P < 0.05$), 色泽无明显差异, 说明色泽对于干煸牛肉的感官品质影响不明显。里脊肉呈现出浓郁香气, 具有较好的香辛料香气, 在色泽方面, 色泽棕红, 光泽度好; 在口感方面, 麻辣咸鲜, 酥香化渣, 并且质地较为均匀。牛里脊在各项指标上评分都略高于牛后腿肉和牛臀肉, 尤其是在组织结构方面, 归因于相比于其他部位牛肉, 里脊肉具有更细的肌纤维。

2.6 相关性分析

不同部位牛肉制得的干煸牛肉品质指标的 Pearson 相关性见图 4, 鉴于碳水化合物和色泽差异不明显, 将这两个指标舍弃。

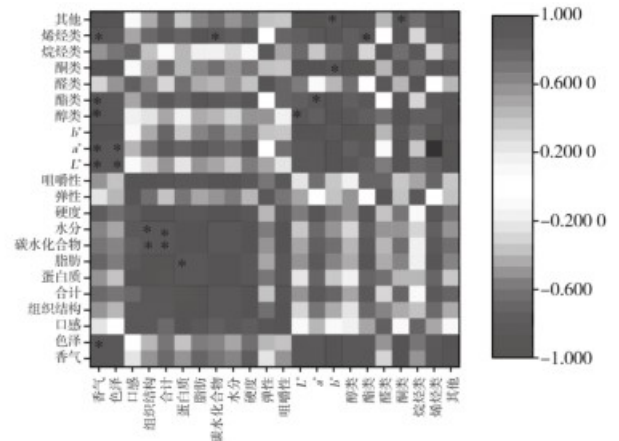


图 4 干煸牛肉品质指标 Pearson 相关性图

Fig. 4 Pearson correlation diagram of quality indexes of dry-fried beef

注: 每个方格表示 Pearson 的相关数值 (R), 其中“*”表示相关性显著 ($P < 0.05$)。

由图 4 可知, 在牛肉的感官评价中, 香气与色泽、 L^* 、 a^* 、 b^* 、醇类、酯类和烯烃类相关性显著 ($P < 0.05$), 色泽与 L^* 和 a^* 相关性显著 ($P < 0.05$), 组织结构和总分分别与碳水化合物和水相关性显著 ($P < 0.05$)。在营养特性中, 蛋白质和脂肪相关性显著 ($P < 0.05$), 碳水化合物与烯烃类相关性显著 ($P < 0.05$)。同时, 关于色差分析, L^* 和醇类相关性显著 ($P < 0.05$), a^* 与酯类相关性显著 ($P < 0.05$), b^* 与酮类和其他化合物相关性显著 ($P < 0.05$)。酮类与其

他化合物相关性显著($P < 0.05$)。

3 结论

通过对牛后腿、里脊和臀部3个部位的牛肉制得的干煸牛肉品质进行分析,结果表明炒制后的牛里脊样品的蛋白质和脂肪含量较少,水分含量较多。在质构方面,3个部位牛肉在硬度、弹性和咀嚼性指标上差异性明显($P < 0.05$),其中牛后腿肉的硬度、弹性和咀嚼性最高;通过色泽分析表明,与牛后腿肉和牛臀肉相比,里脊肉样品的色泽、亮度和红度较高,牛臀肉样品的黄度较高;通过GC-MS共检测到80种挥发性风味成分,包括醇类13种、酯类11种、醛类10种、酮类6种、烷烃类12种、烯烃类20种和其他8种,其中牛后腿肉、牛里脊和牛臀肉样品中分别检测到挥发性风味物质54,49,38种。牛里脊样品的醇类、酯类和烯烃类含量较高,牛臀肉样品的醛类含量较高,牛后腿肉样品的烷烃类含量较高。结合感官评价可知,里脊肉样品总分最高,为81.45,3个部位牛肉制得的干煸牛肉在香气、口感和组织结构上存在显著性差异($P < 0.05$),色泽无明显差异。由Pearson相关性可知,香气与醇类、酯类和烯烃类相关性显著($P < 0.05$),色泽与 L^* 值和 a^* 值相关性显著($P < 0.05$),碳水化合物与烯烃相关性显著($P < 0.05$)。牛里脊香气浓郁,色泽棕红,光泽度好,麻辣咸鲜,酥香化渣,质地较为均匀。

参考文献:

- [1] VITAL A C P, GUERRERO A, KEMPINSKI E M B C, et al. Consumer profile and acceptability of cooked beef steaks with edible and active coating containing oregano and rosemary essential oils[J]. *Meat Science*, 2018, 143: 153-158.
- [2] 陈祖明, 陈丽兰. 芫荽粉对牛肉丸感官及风味的影响[J]. *中国调味品*, 2021, 46(3): 82-85.
- [3] DUAN W, WANG L H, ZHANG Y Y, et al. Optimization of the cooking methods of stir-fried beef by instrumental analysis[J]. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2020, 44(5): 1-9.
- [4] 李光辉. 干煸牛肉复合调味料的研究[J]. *中国调味品*, 2009, 34(9): 77-79.
- [5] 钟世荣, 李光辉. 复合调味干煸牛肉的加工技术研究[J]. *四川理工学院学报(自然科学版)*, 2010, 23(2): 191-193.
- [6] 焦阳阳, 祝超智, 赵改名, 等. 不同牛肉部位对牛肉片品质的影响[J]. *肉类研究*, 2019, 33(4): 1-6.
- [7] 赵改名, 李珊珊, 崔文明, 等. 夏南牛不同部位加工特性及牛肉干加工适宜性评价[J]. *食品科学*, 2021, 42(23): 80-89.
- [8] 王卫, 张佳敏, 赵志平, 等. 川菜肉类菜肴工业化及其关键技术[J]. *肉类研究*, 2020, 34(5): 98-103.
- [9] OQUINN T G, WOERNER D R, ENGIE T E, et al. Identifying consumer preferences for specific beef flavor characteristics in relation to cattle production and postmortem processing parameters[J]. *Meat Science*, 2016, 112: 90-102.
- [10] 王军喜, 叶俊杰. HS-SPME-GC-MS结合OAV分析酱油鸡特征风味活性物质的研究[J]. *中国调味品*, 2020, 45(9): 160-164, 177.
- [11] 代媛媛, 孟兰奇, 李美莹, 等. 热加工程度对不同部位牛肉食用品质的影响[J]. *保鲜与加工*, 2021, 21(9): 58-63.
- [12] 赵改名, 秦可梦, 李佳麒, 等. 不同部位新疆褐牛肉的品质差异分析[J]. *肉类研究*, 2021, 35(1): 1-6.
- [13] 齐聪, 刘佳, 刘梅, 等. 不同冻藏温度对牛肉品质的影响[J]. *食品科技*, 2020, 45(7): 112-118.
- [14] 郭强, 王卫, 张佳敏, 等. 加工工艺对手撕牛肉产品特性的影响研究[J]. *食品研究与开发*, 2021, 42(7): 98-104.
- [15] 王婷, 杨永安, 刘建福. 环境温度波动幅度对冻藏牛肉水分与品质的影响[J]. *食品科技*, 2020, 45(4): 102-108.
- [16] 姜鹏飞, 陈瑶, 郑杰, 等. 不同热处理条件对脆肉鲩品质的影响[J]. *食品工业*, 2021, 42(3): 42-45.
- [17] 陈海涛, 孙杰, 蒲丹丹, 等. 萝卜炖牛腩挥发性风味成分的分离与鉴定[J]. *化学研究与应用*, 2016, 28(7): 977-986.
- [18] ALIM A, SONG H L, LIU Y, et al. Research of beef-meaty aroma compounds from yeast extract using carbon module labeling (CAMOLA) technique [J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2019, 112: 108239.
- [19] CHIANG J H, EYRES G T, SILCOCK P J, et al. Changes in the physicochemical properties and flavour compounds of beef bone hydrolysates after Maillard reaction[J]. *Food Research International*, 2019, 123: 642-649.
- [20] 李韬, 邹伟, 赵兴秀, 等. 食用菌添加对自贡冷吃牛肉品质与风味影响的研究[J]. *中国调味品*, 2021, 46(8): 24-28.
- [21] KILGANNON A K, HOLMAN B W B, FRANK D C, et al. Temperature-time combination effects on aged beef volatile profiles and their relationship to sensory attributes[J]. *Meat Science*, 2020, 168: 108193.
- [22] 张迪雅, 谢丹婷, 李晔. 应用电子鼻和GC-MS比较牛肉不同部位的挥发性物质组成[J]. *食品工业科技*, 2017, 38(21): 241-246.
- [23] ZHAO D, HUANG M X, WANG T L, et al. Influence of proteolytic enzyme treatment on the changes in volatile compounds and odors of beef longissimus dorsi[J]. *Food Chemistry*, 2020, 333: 127549.
- [24] 李迎楠, 刘文营, 张顺亮, 等. 反应时间对牛肉、牛骨美拉德反应产物风味品质的影响[J]. *肉类研究*, 2016, 30(5): 1-5.
- [25] TIAN H X, LI F H, QIN L, et al. Quality evaluation of beef seasonings using gas chromatography-mass spectrometry and electronic nose: correlation with sensory attributes and classification according to grade level[J]. *Food Analytical Methods*, 2015, 8(6): 1522-1534.