

氧化牛油对天然牛肉调味基料的赋香效果

Effect of oxidized tallow on the flavor of natural beef flavor

樊晓盼^{1,2} 刘静静³ 梁丽雅³ 吴晨燕³ 马丽珍^{2,3}

FAN Xiao-pan^{1,2} LIU Jing-jing³ LIANG Li-ya³ WU Chen-yan³ MA Li-zhen^{2,3}

(1. 天津农学院工程技术学院, 天津 300384; 2. 天津市农副产品深加工技术工程中心, 天津 300384;

3. 天津农学院食品科学与生物工程学院, 天津 300384)

(1. College of Engineering and Technology, Tianjin Agriculture University, Tianjin 300384, China;

2. Tianjin Engineering and Technology Research Center of Agricultural Products Processing, Tianjin 300384, China;

3. College of Food Engineering and Biotechnology, Tianjin Agriculture University, Tianjin 300384, China)

摘要:以冷冻牛骨肉末为原料,采用热—压浸提、调控酶解、美拉德反应集成技术制备牛肉调味基料,研究脂肪适度氧化对牛肉调味基料的赋香效果。在美拉德反应阶段添加不同程度的氧化牛油,采用电子鼻、电子舌结合气—质联用仪分析牛肉调味基料的风味。结果表明:与酶氧化牛油相比,热氧化牛油对牛肉调味基料的特征香气贡献作用略大;氧化时间 2 h 时,热氧化和酶氧化对体系特征牛肉香气贡献作用最大,其特征醛类物质含量分别占到总风味物质的 5.57% 和 4.16%。

关键词:牛骨肉末;氧化牛油;电子鼻;电子舌;牛肉调味基料

Abstract: Beef flavor were manufactured from minced beef-bone using the hot-pressure extraction, enzymatic hydrolysis and Maillard reaction control integration technology in this study. Fat moderate oxidation were used to further enhance their flavor. The different oxidized tallows were added during the Maillard reaction, and the oxidation degree of tallow were analyzed. Thereafter, the flavor of oxidized beef flavor was analyzed by electronic nose, electronic tongue and gas chromatography-mass spectrometry. The addition of oxidized tallow could increase the content of aroma compounds in oxidized beef flavor. When the oxidation time was 2 h, it would have the greatest contribution to the aroma of the characteristic beef, while the content of the characteristic aldehydes in the thermal oxidation and enzyme oxidation groups was 5.57% and 4.16% respectively.

Keywords: minced beef bone; oxidized tallow; electronic nose; electronic tongue; beef flavor

肉香味由基本性香味和特征性香味组成,形成肉香味的前体物质通常分为两大类:水溶性成分和脂质,形成芳香风味化合物的主要反应包括氨基酸和还原糖之间的美拉德反应、脂质的热降解反应以及脂质降解产物与美拉德反应之间的相互作用^[1]。动物脂肪是肉类特征香味物质形成的重要前体物质,脂肪的加入可使牛肉味、猪肉味、鸡肉味等肉香味更容易区别。当烧烤不含脂肪的牛肉时,能判别出是牛肉的比率为 45.2%;而假如是烧烤含有 10% 脂肪的牛肉时,则能够准确判断出是否牛肉的比率会增加到 90.2%^[2]。Hornstein 等^[3-4]和 Pearson 等^[5]研究发现猪肉、牛肉和羊肉的水溶性提取物经加热处理后具有类似的香味,而脂肪经加热处理后会明显产生特征性肉香味。

脂肪氧化通常包括脂肪在空气中的加热氧化和添加脂肪酶进行的催化氧化。脂肪氧化产物加入到美拉德反应体系中会使制备的肉味调味基料特征性香气更加突出;脂肪水解产物产生的不饱和脂肪酸通过氧化降解反应也可以产生香味物质或作为美拉德反应的香味前体物质^[6-7]。目前,关于脂肪酶氧化结合美拉德热反应制备肉类调味基料的研究还鲜有报道,而关于脂肪热氧化参与美拉德反应制备肉味调味基料的技术已有一定的发展^[8]。孙宝国^[9]在中国第三代肉味香精的生产技术中融合了脂肪调控氧化环节,即将一定氧化程度的脂肪添加到美拉德反应体系中,在遵循“味料同源”的同时,还增强了肉的特征风味,大大降低了脂肪用量。中国许多学者也对脂肪氧化对美拉德热反应产物风味的影响进行了大量研究。张玲等^[10]研究了氧化及未氧化鸡脂对“肉酶解液—葡萄糖—半胱氨酸”反应体系风味的影响,结果表明添加氧化脂肪对美拉德反应产物风味的调控作用比添加未氧化脂肪大,从而使热反应体系呈协调的肉香味,且特征肉香味更加突出。吴肖等^[11]在牛肉酶解液中添加不同氧化程度的牛油进行美拉德反应,结果表明不同氧化程度的牛

基金项目:天津市农委科技合作项目(编号:201604060)

作者简介:樊晓盼,女,天津农学院研究实习员,硕士。

通信作者:马丽珍(1963—),女,天津农学院教授,博士。

E-mail: malizhen-6329@163.com

收稿日期:2018-07-18

油能够影响体系中含硫氨基酸和鲜味氨基酸的反应活性,进而影响美拉德反应产物的香气和味感。

为进一步增强传统天然牛肉调味基料(Beef Flavor, BF)的特征香气,本试验拟以冷冻牛骨肉末为原料,经热—压浸提、酶解后,在美拉德反应体系中添加经热氧化或酶氧化处理过的牛油制成氧化型牛肉调味基料(Oxidized Beef Flavor, OBF),采用电子鼻、电子舌结合 SPME-GC-MS 对其挥发性气味和滋味进行分析,研究热氧化和酶氧化 2 种氧化牛油对 OBF 风味的贡献效果,为实际生产特征香气浓郁的肉味调味基料提供数据支持。

1 材料与amp;方法

1.1 材料与amp;仪器

牛骨肉末:冷冻牛肉胴体电锯分割时留下的肉末(骨肉质量比为 3:7),天津挂月食品有限公司;

风味蛋白酶(500 LAPU/g)、复合蛋白酶(1.5 AU/g):丹麦诺维信公司;

蛋氨酸、脯氨酸:食品级,冀州市华恒生物科技有限公司;

V_{BI} :江西天新药业有限公司;

葡萄糖、木糖:山东西王糖业有限公司;

脂肪酶:30 U/mg,江苏一鸣生物有限公司;

新鲜牛油:天津伊兴清真食品有限公司;

高压蒸汽灭菌锅: SX-500 型,日本 TOMY 有限公司;

水浴恒温振荡器: WE-2 型,天津市欧诺仪器仪表有限公司;

电子舌: Astree 型,法国 Alpha M.O.S 公司;

电子鼻: PEN3 型,德国 AIRSENSE 公司;

电动搅拌器: D8401W 型,天津市华兴科学仪器厂;

玻璃转子流量计: LZB3 型,浙江余姚流量仪表厂;

电磁式空气压缩机: ACO208 型,浙江森森实业有限公司;

数显恒温油浴锅: yy-1 型,江苏省金坛市金祥龙电子有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 热氧化牛油的制备 在装有通气管、电动搅拌器、水银温度计和回流冷凝管的 500 mL 四口烧瓶中加入 50 g 新鲜牛油,通过调节空气压缩机和玻璃转子流量计按照 0.51 L/min 的流速通入空气进行热氧化牛油的制备,控制氧化温度为 110 ℃,分别氧化 1, 2, 3, 4 h 得到不同热氧化程度的牛油 O_1 、 O_2 、 O_3 和 O_4 。

1.2.2 酶氧化牛油的制备 称取适量新鲜牛油于锥形瓶中,按照 1:1(质量比)的比例添加磷酸盐缓冲溶液(pH 为 6.5),放置于磁力搅拌器上,转速为 150 r/min,温度 45 ℃,当混合物达到 45 ℃时,按照酶/底物(E/S)比率为 0.5%(0.5 g 脂肪酶/100 g 牛油)添加脂肪酶。分别酶解 1, 2, 3, 4 h 后,将样品置于沸水浴灭酶 10 min,使酶失活,制备出不同酶氧化程度的牛油 L_1 、 L_2 、 L_3 和 L_4 。

1.2.3 OBF 的制备 将冷冻牛骨肉末解冻至常温后,按照

牛骨肉末:水=1:4(质量比)分别称取肉末和蒸馏水,充分搅拌均匀后,放置在高压蒸汽灭菌锅中,在压力 0.1 MPa、温度 120 ℃、时间 4 h 条件下浸提牛骨肉末中的蛋白质,制成牛骨肉蛋白浸提液,添加 0.06% 风味蛋白酶,0.03% 复合蛋白酶,在 50 ℃,自然 pH 条件下酶解 4.5 h,沸水浴灭酶 20 min 后立即冷却,然后添加 1.2.1 和 1.2.2 制成的不同氧化程度的 4% 氧化牛油、2% 木糖、2% 葡萄糖、0.4% 蛋氨酸、0.4% 脯氨酸、1.2% V_{BI} ,振荡均匀后放置于油浴锅中,在 110 ℃ 条件下进行美拉德反应 1.5 h 制成 OBF,冷却过滤后分别用电子鼻、电子舌结合 GC-MS 对其气味和滋味进行测定,并进行感官评价。添加未氧化牛油制成的 OBF 记为 BFC,添加不同氧化时间的热氧化牛油制成的 OBF 记为 BFO1~BFO4,添加不同氧化时间的酶氧化牛油制成的 OBF 记为 BFL1~BFL4。

1.2.4 指标测定方法

(1) 牛油酸价的测定:按 GB 5009.229—2016《食品安全国家标准 食品中酸价的测定》执行。

(2) 牛油羰基价的测定:按 GB 5009.230—2016《食品安全国家标准 食品中羰基价的测定》执行。

(3) 牛油茴香胺值的测定:按 GB/T 24304—2009《动植物油脂 茴香胺值的测定》执行。

(4) OBF 的气味分析:取 10 mL 待测样品,密封后常温放置 10 min 后依次进行测定分析,每个样品重复 3 次。

电子鼻工作参数设置为:采样时间 1 s/组,传感器自动清洗时间 180 s,归零时间 10 s,样品平衡时间 10 s,进样流量 5 mL/s,测定分析时间 60 s。

(5) OBF 的滋味分析:将待测样品缓慢倒入电子舌专用烧杯(25 mL)中,待测。电子舌传感器系统包括 SRS、SWS、BRS、STS、UMS、SPS、GPS 7 根传感器,其中前 5 根传感器(SRS、SWS、BRS、STS、UMS)分别为对酸、甜、苦、咸和鲜味敏感的传感器,其响应值能够用来反映不同样品 5 种滋味的相对强度。以 Ag/AgCl 为参比电极,传感器经活化、校正后开始测样,每个样品重复测定 6 次。

(6) OBF 中挥发性化合物的测定:取 1 mL 样品置于 20 mL 顶空瓶内,采用 SPME 提取挥发性化合物,再通过 GC-MS 对化合物进行分离并分析。

固相微萃取条件:采用 65 μ m PDMS/DVB 萃取头,将样品置于 60 ℃ 条件下平衡 20 min 后,插入萃取头萃取 30 min,萃取结束后,拔出萃取头,置于 200 ℃ 进样口解析 2 min。

色谱条件:选用 DB-WAX(30 m \times 0.25 mm \times 0.25 μ m) 色谱柱,柱温箱初始温度为 40 ℃,进样口温度为 200 ℃,不分流进样模式,载气流速为 1 mL/min,柱温箱升温程序为 40 ℃ 保持 3 min,以 5 ℃/min 升至 120 ℃ 后,再以 10 ℃/min 升至 200 ℃,保持 5 min。

质谱条件:离子源温度为 200 ℃,传输线温度为 250 ℃,采用全扫描(Scan)模式采集信号,扫描范围为 35~500 m/z 。

1.3 数据统计分析

用 Microsoft Excel 2003 对试验数据进行预处理,Statistix 8.1 进行数据分析,显著性差异($P < 0.05$)通过

Turkey test 程序进行。气味和滋味分析用电子鼻和电子舌自带软件 Alpha soft 进行主成分分析(Principal Component Analysis, PCA)。

2 结果与分析

2.1 9 组牛油的氧化程度

9 组牛油的氧化程度如表 1 所示。酸价是脂肪中游离脂肪酸含量的标志,从表 1 可看出,与未氧化(新鲜)牛油(C 组)相比,经氧化处理后的牛油酸价均明显增加,尤其是经脂肪酶处理过的,加酶氧化不同时间的牛油(L₁~L₄)酸价分别为 55.8,82.5,84.9,88.0 mg NaOH/g,这是因为动物油脂多为饱和脂肪酸,常温贮藏条件下很难被氧化,且牛油的主要成分是甘油三酯,而脂肪酶能够逐步将甘油三酯水解成甘油和脂肪酸。试验结果说明采用脂肪酶对牛油进行酶解,可大大提高其游离脂肪酸含量,而脂肪酸会进一步氧化或与其他物质反应生成过氧化物进而分解为香气阈值很低的酮、醛、酸等挥发性化合物,产生令人愉快的肉香味^[12]。羰基价通常是指油脂氧化酸败后产生的含有醛基和酮基的脂肪酸或甘油酯及其聚合物的总量,是油脂热劣变的灵敏指标,用来反映油脂氧化产物——酮醛等有害物质的含量和油脂酸败劣变的程度^[13-14]。从表 1 可看出,9 组牛油的羰基价值最低为 C 组(3.31 meq/kg),最高为热氧化 4 h 的牛油 O₄ 组(5.92 meq/kg),远远低于酸败油脂和加热劣化油的羰基价(50 meq/kg),说明本试验处理过的牛油并未达到酸败状态,不会导致不良风味的产生。此外,热氧化处理的牛油羰基价值整体高于酶氧化牛油,说明加热更容易导致牛油氧化生成过氧化物,从而进一步分解为含羰基的化合物。茴香胺值是指油脂在氧化劣变过程中产生的醛类化合物的含量,与羰基价一致,都是用来表征油脂劣变程度的指标,从表 1 还可知,经氧化处理后的牛油茴香胺值最高为 L₄ 组(1.33),其次为 O₄ 组(1.17),且二者差异不显著(P>0.05),说明本试验将油脂氧化时间控制在 1~4 h 不会造成油脂氧化过度,产生酸败哈喇味。

表 1 9 组牛油的氧化程度[†]

Table 1 Oxidized tallow information with nine different oxidation status

样品名称	酸价/ (mg NaOH · g ⁻¹)	羰基价/ (meq · kg ⁻¹)	茴香胺值
C	0.23±0.00 ^c	3.31±0.00 ^d	0.61±0.00 ^c
O ₁	0.25±0.02 ^c	4.68±0.05 ^c	0.72±0.02 ^c
O ₂	0.29±0.01 ^c	5.33±0.04 ^b	0.74±0.01 ^c
O ₃	0.38±0.01 ^c	5.84±0.15 ^a	0.90±0.01 ^{bc}
O ₄	0.43±0.03 ^c	5.92±0.20 ^a	1.17±0.10 ^{ab}
L ₁	55.80±4.96 ^b	4.35±0.14 ^c	0.62±0.03 ^c
L ₂	82.50±3.84 ^a	4.42±0.18 ^c	0.78±0.01 ^c
L ₃	84.90±4.59 ^a	4.40±0.02 ^c	0.79±0.01 ^c
L ₄	88.00±0.40 ^a	4.55±0.01 ^c	1.33±0.12 ^a

† 不同小写字母代表差异显著(P<0.05)。

2.2 电子鼻检测 OBF 风味

采用电子鼻对 OBF 挥发性气味的检测结果如图 1 所示。第一主成分和第二主成分的贡献率分别为 91.42% 和 4.95%,总贡献率达到 96.37%(>90%),表明这 2 个主成分能够用来反映添加不同氧化牛油制成的 OBF 挥发性气味的实际情况。整体来看,添加氧化牛油制成的 OBF 与 BFC 均无重叠,表明脂肪氧化能够显著影响 OBF 的挥发性气味,这与刘金凯等^[15]关于氧化羊骨油对羊肉调味基料的风味影响研究结果一致。此外,4 组 BFO 与 4 组 BFL 之间也未重叠,表明热氧化和酶氧化的脂肪对传统牛肉调味基料挥发性气味的贡献效果不同。BFC 与 BFO1~BFO4 的区分指数分别为 0.999,0.997,0.996,0.997,说明添加热氧化牛油制成的 OBF 风味均与 BFC 风味差异极显著。且从图 1 可看出,BFO1、BFO2 和 BFO3 重叠部分较多,说明热氧化 1~3 h 对 OBF 气味影响不大,而氧化 4 h 时表现出明显的差异。BFC 与 BFL1~BFL4 的区分指数分别为 0.911,0.984,0.997,0.998,说明随着氧化时间的延长,酶氧化牛油对 OBF 的风味影响越来越大。而 BFL1 和 BFL2 的特征区域有明显重叠,表明酶解 1~2 h 的牛油对 OBF 气味的贡献效果相似,酶解 3 h 的 OBF 特征区域明显区别开,而酶解 4 h 与 BFC 距离远,表明酶氧化相比较热氧化来说,对 OBF 的挥发性气体风味影响较大,特别是酶氧化 4 h 之后这一影响更为明显。

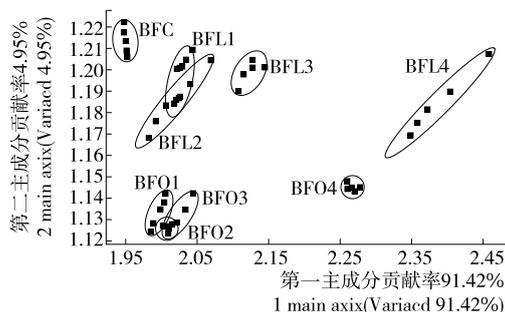


图 1 电子鼻对不同 OBF 样品的主成分分析

Figure 1 Principal component analysis of OBF prepared by different oxidized tallow

2.3 电子舌检测 OBF 风味

从图 2(a)可看出,BFC 与其他 8 组之间距离很远,说明 BFC 滋味与其他 8 组差异很大,以致于 8 组之间的差异情况不易分析,因此图 2(b)仅对 8 组添加了氧化牛油的 OBF 滋味进行判别因子分析。电子舌检测到的 8 组 OBF 样品的特征区域均无重叠,说明 8 组样品之间差异显著,表明不同氧化时间和不同氧化方式的牛油对 OBF 滋味的贡献能力不同。在判别因子分析图中,通常用样品两两间的相对距离分析样品间滋味差异,样品间的相对距离越近,则样品滋味越接近。BFO1 与 BFO2、BFO3、BFO4 之间的相对距离分别为 25.25,28.53,28.83;BFO2 与 BFO3、BFO4 之间的相对距离分别为 12.26,14.82;BFO3 和 BFO4 之间的相对距离 17.5,表明 BFO1 与其他 3 组的滋味差别最大,BFO3 与 BFO4 滋味差别较大,其次是 BFO2 和 BFO4,而 BFO2 和 BFO3 的滋味最接近。BFL1 与 BFL2、BFL3、BFL4 之间的相对距离分

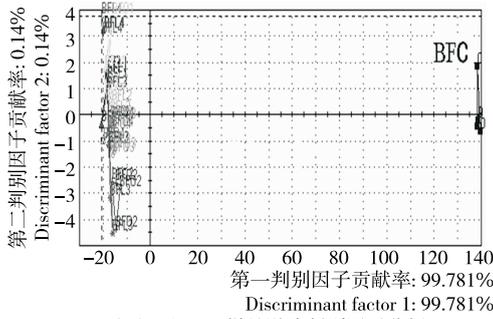
别为11.61,26.35,31.95;BFL2与BFL3、BFL4之间的相对距离分别为22.14,27.1;BFL3和BFL4之间的相对距离为36.28。说明牛油酶氧化时间对OBF的整体滋味影响较大,可能与酶氧化反应剧烈导致牛油组分变化较大有关(表1)^[16]。

2.4 GC-MS分析OBF的挥发性化合物

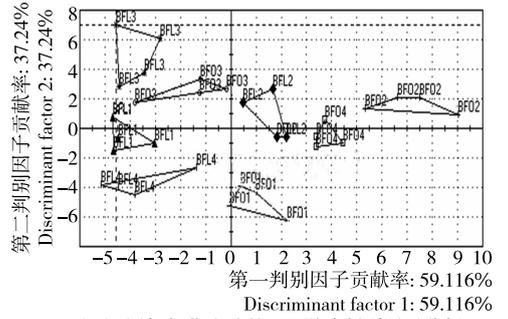
采用SPME-GC-MS分析9组OBF样品主要挥发性化合物的组成和含量如表2所示,结果显示BFC中挥发性风味物质种类有9种,BFO1~BFO4中的挥发性风味物质种类

分别为14,14,12,12种,BFL1~BFL4中的挥发性风味物质种类分别为6,7,7,7种。与本实验室前期制备的天然香辛料型牛肉调味基料^[17]和微生物发酵型牛肉调味基料^[18]相比,本研究采用氧化牛油进行赋香,能够增强牛肉调味基料的牛肉特征香气,这是因为添加氧化牛油后,可以平衡体系中的含硫化合物含量,突出令人愉悦的特征肉香味^[19]。

在挥发性化合物中,醛类物质一般阈值较低,对风味的直接贡献作用较大,且具有脂肪香,是肉香味特征香气的主要构成部分。由表2可知,BFC中醛类物质总相对含量为



(a) 9组OBF样品滋味判别因子分析



(b) 添加氧化牛油的OBF滋味判别因子分析

图2 电子舌对不同OBF样品的判别因子分析

Figure 2 Discriminant factor analysis of OBF prepared by different oxidized tallow

表2 OBF主要挥发性化合物的组成及含量

Table 2 Major volatile compounds identified and content of OBF

化合物	BFC	BFO1	BFO2	BFO3	BFO4	BFL1	BFL2	BFL3	BFL4
辛醛	—	0.24	0.61	—	—	—	—	—	—
壬醛	0.43	1.12	1.41	0.37	0.69	—	0.62	0.31	—
反式-2-壬烯-1-醇	—	—	—	—	—	0.30	—	—	0.38
呋喃甲醛	2.69	3.42	2.86	1.88	2.44	1.90	2.96	1.85	1.74
正十四烷	—	—	—	—	—	—	—	0.29	0.24
正十六烷	—	—	0.24	—	—	—	—	—	—
1-辛醇	0.19	—	—	—	—	—	0.25	—	—
2-乙基-1-己醇	—	0.75	—	0.78	0.19	—	—	—	—
苯甲醛	—	0.23	—	—	—	—	—	—	—
3,7-二甲基-1,6-辛二烯-3-醇	—	0.18	0.17	0.14	0.06	—	—	—	—
1-辛醇	—	0.52	1.03	0.43	0.48	—	—	—	—
1-甲酰基吡咯烷	—	—	—	0.29	0.35	—	—	—	—
2-十一烯醛	—	—	—	0.13	0.36	—	—	—	—
2-乙基丁酸乙酯	—	0.17	—	—	—	—	—	—	—
糠醇	—	0.41	0.40	—	—	0.20	—	—	—
4,5-二甲基-1,3-二氧杂环戊烯-2-酮	0.49	0.70	0.71	—	—	—	—	—	—
3-甲基-2-噻吩甲醛	0.73	0.80	0.55	0.54	0.47	0.45	0.58	0.44	0.49
4-甲基噻唑-5-甲醛	—	—	0.14	—	—	—	—	—	—
2,5-噻吩二甲醛	0.20	—	—	—	—	—	—	—	—
5-(2-氯乙基)-4-甲基噻唑	0.47	0.32	0.38	0.33	0.31	—	0.25	0.16	0.23
4-甲基-2,3-戊二酮	0.69	—	—	—	—	—	—	—	—
4,5-二甲基-1,3-二氧杂环戊烯-2-酮	—	0.52	0.42	0.52	0.42	0.49	0.59	0.52	0.64
2-氨基戊烷	—	—	0.28	0.16	0.22	—	—	—	—
4-甲基-5-羟乙基噻唑	94.11	90.62	90.43	93.20	92.96	95.18	94.29	96.05	95.86

† “—”表示未检出。

4.05%; BFO1 ~ BFO4 的醛类物质总相对含量分别为 5.81%, 5.57%, 2.92%, 3.96%, 说明一定程度(氧化 1~2 h)的热氧化牛油对 OBF 脂肪香气有贡献作用, 氧化时间越长, 反而会降低体系中的醛类物质。BFL1 ~ BFL4 的醛类物质总相对含量分别为 2.35%, 4.16%, 2.60%, 2.23%, 同样表明并非氧化时间越长越好, 当酶氧化时间 2 h 时, 醛类物质相对含量显著增加, 继续氧化则会导致 OBF 中醛类物质降低, 对体系的香气贡献减小。在上述醛类物质中, 辛醛和壬醛是对牛肉香气有重要贡献作用的成分, 从表 2 可以看出, 热氧化 1, 2 h 时 OBF 中有辛醛检出, 分别为 0.24% 和 0.61%, 酶氧化则不会促进体系中辛醛的形成。2 种氧化方式对壬醛含量有影响, 同样是当热氧化时间为 1, 2 h 时, OBF 中可检出壬醛, 相对含量分别为 1.12% 和 1.41%, 显著高于 BFC 中的壬醛含量(0.43%)。酶氧化 2 h 对壬醛的形成影响作用最大, 占到 0.62%, 牛油酶氧化至 3 h 时体系中的壬醛含量则会降低, 为 0.31%。结果表明热氧化和酶氧化时间为 2 h 时, 对 OBF 体系的牛肉香气贡献最大, 与酶氧化方式相比, 经热氧化处理后的牛油制成的 OBF 中能够形成一些新的香气物质, 比如 2-乙基-1-己醇、3, 7-二甲基-1, 6-辛二烯-3-醇、1-辛醇等风味物质。

从表 2 还可看出, 9 组 OBF 样品中的主要挥发性化合物均为 4-甲基-5-羟乙基噻唑, 相对含量为 90.62%~96.05%, 而 4-甲基-5-羟乙基噻唑是硫胺素亚甲基桥裂解形成的一种食品、肉品和调味品的重要增香物质^[20], 说明脂肪氧化与否对其含量无明显影响($P>0.05$)。此外, 由于 4-甲基-5-羟乙基噻唑的香气阈值较高, 在水中的香气阈值为 10 800 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 而醛类物质如辛醛、壬醛在水中的香气阈值分别为 0.7, 1.0 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 因此 4-甲基-5-羟乙基噻唑对 OBF 体系的风味贡献较小。

3 结论

在牛肉调味基料制备过程中, 添加 4% 不同氧化程度的牛油有一定的赋香作用。电子鼻、电子舌结合 SPME-GC-MS 检测结果表明, 热氧化和酶氧化的牛油对 OBF 风味的贡献效果不同, 经加热氧化处理的牛油对 OBF 的特征香气具有重要贡献作用, 且牛油氧化时间越长, OBF 风味差异越明显; 当氧化时间为 2 h 时, 氧化牛油对 OBF 体系的牛肉特征香气贡献最大。本试验未对氧化处理后的牛油风味物质进行分析, 牛油对体系的香气贡献机制尚不清楚, 下一步应对牛油进行进一步分析研究其赋香机制。

参考文献

[1] 彭秋菊, 孙宝国, 梁梦兰, 等. 牛脂氧化制备肉味香精的研究进展[J]. 食品科学, 2005(2): 245-250.
 [2] OWEN R Fennema. 食品化学[M]. 王璋, 译. 北京: 中国轻工业出版社, 1992: 508-514.
 [3] HORNSTEIN I, CROWE P F. Meat Flavour; Lamb[J]. J Agric Food Chem, 1960(8): 494-498.
 [4] HORNSTEIN I, CROWE P F. Flavour studies on beef and pork[J]. J Agric Food Chem, 1963(11): 147-149.
 [5] PEARSON A M, WENHAM L M, CARSE W A, et al. Obser-

vations on the contribution of fat and lean to the aroma of cooked beef and lamb[J]. Journal of Animal Science, 1973, 36(3): 511-515.
 [6] 沈晓玲, 李诚. 脂类物质与肉的风味[J]. 肉类研究, 2008(3): 25-28.
 [7] 谢建春, 孙宝国, 汤渤, 等. 鸡脂控制氧化-热反应制备鸡肉香精[J]. 精细化工, 2006(2): 141-144.
 [8] 钟秋. 用酶催化氧化鸡脂—热反应制备肉香味的研究[D]. 北京: 北京工商大学, 2009: 7-11.
 [9] 孙宝国. 中国第三代肉味香精生产技术[J]. 中国食品学报, 2010, 10(5): 1-4.
 [10] 张玲, 甄大卫, 范梦蝶, 等. 氧化及未氧化鸡脂对热反应肉味香精风味形成的影响[J]. 中国食品学报, 2017, 17(8): 229-238.
 [11] 吴肖, 孔令会, 赵园园. 牛油氧化对牛肉风味形成的影响[J]. 食品工业科技, 2017, 38(14): 71-81.
 [12] 文志勇, 孙宝国, 梁梦兰, 等. 脂质氧化产生香味物质[J]. 中国油脂, 2004(9): 41-44.
 [13] 钱丽燕, 温红珊, 刘逢春. 煎炸豆油及其食品中羰基值变化规律的研究[J]. 吉林粮食高等专科学校学报, 2000(1): 1-4.
 [14] 陈锋亮, 魏益民, 钟耕. 大豆油高温煎炸质变过程的研究[J]. 中国油脂, 2006, 31(8): 19-22.
 [15] 刘金凯, 高远, 王振宇, 等. 氧化羊骨油对羊肉味调味基料挥发性风味物质的影响[J]. 中国农业科学, 2014, 47(4): 749-758.
 [16] MOTILVA M J, TOLDRÁ F, NIETO P, et al. Muscle lipolysis phenomena in the processing of dry-cured ham[J]. Food Chemistry, 1993, 48(2): 121-125.
 [17] 樊晓盼, 吴晨燕, 王蕊, 等. 牛肉调味基料的工艺优化及其应用[J]. 肉类研究, 2017, 31(10): 18-24.
 [18] 樊晓盼, 马俪珍, 张伯男, 等. 微生物发酵对牛肉调味基料的增香作用[J]. 食品工业科技, 2018, 39(7): 64-69.
 [19] SONG Shi-qing, ZhANG Xiao-ming, XIAO Zuo-bing, et al. Contribution of oxidized tallow to aroma characteristics of beef-like process flavour assessed by gas chromatography-mass spectrometry and partial least squares regression[J]. Journal of Chromatography A, 2012, 1 254(17): 115-124.
 [20] 孙宝国. 食用调香术[M]. 2 版. 北京: 化学工业出版社, 2010: 23-28.