

精炼对牛油主要理化指标及挥发性成分的影响

Effect of refining on main physical and chemical indexes and volatile components of beef tallow

刘佳敏^{1,2,3} 何新益^{1,2,3} 刘晓东^{1,2,3} 闫西纯⁴ 廖振宇⁵

LIU Jia-min^{1,2,3} HE Xin-yi^{1,2,3} LIU Xiao-dong^{1,2,3} YAN Xi-chun⁴ LIAO Zhen-yu⁵

(1. 天津农学院食品科学与生物工程学院, 天津 300384; 2. 天津市农副产品深加工技术工程中心, 天津 300384; 3. 天津市农副产品加工科教兴农集成创新示范基地, 天津 300384; 4. 天津市伊兴清真食品有限公司, 天津 300399; 5. 谱尼测试科技[天津]有限公司, 天津 300000)

(1. College of Food Science and Biological Engineering, Tianjin Agricultural University, Tianjin 300384, China; 2. Tianjin Engineering and Technology Research Center of Agricultural Products Processing, Tianjin 300384, China; 3. Tianjin Agricultural Innovation Demonstration Base for Integration of Technology and Education, Tianjin 300384, China; 4. Tianjin Yixing Hahal Food Co., Ltd., Tianjin 300399, China; 5. PONY Testing Technology [Tianjin] Co., Ltd., Tianjin 300000, China)

摘要:为研究精炼对牛油过程中理化指标及挥发性成分的影响,对熔油、脱酸、脱色后牛油酸价、过氧化值、碘值、脂肪酸和挥发性成分变化进行测定。结果表明,在整个精炼过程中,酸价呈先降后升的趋势,过氧化值呈递增趋势,碘值呈递减趋势。精炼后牛油的酸价为0.37 mg/g,过氧化值为0.057 5 g/100 g,碘值为12.47 g/100 g。精炼各阶段的牛油中含有16种脂肪酸,最主要的是油酸、棕榈酸、硬脂酸。应用气相—离子迁移谱研究发现醇类挥发性物质在精炼过程中逐渐减少;脱酸后牛油中醛类挥发性物质达到了最高值。脱色后的牛油成品中醛类挥发性物质有所降低;酯类挥发性物质则在精炼过程中逐渐增多。

关键词:牛油;精炼;理化指标;脂肪酸;气相—离子迁移谱;挥发性成分

Abstract: The effect of refining on main physical and chemical indexes and volatile components of beef tallow was investigated. The acid value, peroxide value, iodine value, fatty acid composition and aroma composition of beef tallow were analyzed during the refining. The results showed that the acid value decreased first and then increased after the deacidification process, and the peroxide value increased, while the iodine value decreased.

基金项目:天津市科技重大专项与工程(编号:18ZXYENC00141);天津市企业特设特派员项目(编号:19JCTPJC59900)

作者简介:刘佳敏,女,天津农学院在读硕士研究生。

通信作者:何新益(1974—),男,天津农学院教授,博士。

E-mail: hedevid@163.com

收稿日期:2020-03-07

Throughout the refining process, the acid value of the beef tallow was 0.37 mg/g with the peroxide value of 0.057 5 g/100 g, and the iodine value of beef tallow was 12.47 g/100 g. There were 16 kinds of fatty acid compositions in beef tallow refining, and fatty acid included oleic acid, palm oil and stearic acid. The Gas-ion migration spectrum analysis results showed that alcohol volatile substances reduced gradually during beef tallow refining process. Aldehydes volatile substances reached its peak in the deacidification process. Aldehydes volatile substances decreased slightly in the beef tallow product, while those esters volatile substances increased gradually during the process of refining.

Keywords: beef tallow; refine; physicochemical indicators; fatty acid; gas-ion migration spectrum; aroma components

牛油是指在牛的表皮下、肌肉间、腹腔内等部位聚集的脂肪块经适当精炼后得到的可供食用的油脂^[1],具有增香、增色的作用,以其制备的火锅香气四溢^[2]。近年来,对牛油的研究集中在其脂肪酸组成分、挥发性物质分析及精炼工艺的优化等方面。吕晓玲等^[3]采用顶空—固相微萃取法提取精制各阶段牛油挥发性成分,用气相色谱质谱进行分离鉴定,发现牛油挥发性成分主要由烃、醇、醛、酮、酸、醚、杂环类化合物组成。冯伟玲等^[2]采用顶空—固相微萃取和气相色谱—质谱检测方法,研究了活性炭吸附对牛油挥发性成分的影响,结果发现活性炭对牛油挥发性成分具有良好的吸附效果,牛油挥发性成分含量随吸附时间的增加而逐渐减少。姚迪等^[4]为丰富牛油产品种类降低其熔点及硬度,研究了牛油与菜籽油、

大豆油、橄榄油、调和油等植物油的相容性,发现牛油与菜籽油的相容性最好,大豆油相比于其他几种植物油相容性较差。

牛油作为一种食用油脂,精炼过程理化指标变化将影响油脂最终用途。牛油精制一般包括溶解、脱酸、脱色等步骤,不仅除去了本身所含有的杂质,而且在精炼过程中可以使油脂的品质有所提高,使其具有较好的贮藏特性。目前,对于牛油精炼企业来说,品质监管仅限于成品油的酸价和过氧化值的测定,而对精炼过程中理化指标、挥发性成分的变化缺乏系统研究^[5]。近年来有研究者^[6-7]倡导全面开展油脂适度精炼工艺与技术,以达到充分利用资源的目的。试验拟结合企业的实际生产情况,系统分析比较牛油精炼过程的主要理化指标的变化,以期对动物油脂行业有效控制牛油的品质安全提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

牛油精炼阶段(熔油、脱酸、脱色)样品:天津市伊兴清真食品有限公司;

冰乙酸、环己烷:分析纯,天津市风船化学试剂科技有限公司;

三氯甲烷:分析纯,天津市化学试剂供销公司;

无水乙醇、95%乙醇、氢氧化钾、碘化钾:分析纯,天津市北方天医化学试剂厂;

可溶性淀粉、0.010 09 mol/L 硫代硫酸钠标准滴定液、0.101 0 mol/L 硫代硫酸钠标准滴定液、0.102 0 mol/L 氢氧化钾标准滴定液:天津市光复精细化工研究所;

韦氏试剂:天津市科密欧化学试剂有限公司;

异辛烷、甲醇溶液:色谱纯,天津谱祥伟业科技有限公司。

1.2 仪器与设备

气相色谱仪:Agilent 6890N 型,安捷伦新加坡有限公司;

电子分析天平:FA2204B 型,上海佑科仪器仪表有限公司;

电子天平:JT202N 型,上海精天电子仪器有限公司;

智能电磁炉:RH915 型,上海红心牌器具有限公司;

电热恒温鼓风干燥箱:DH-101 型,天津市中环实验电炉有限公司;

电热恒温培养箱:BPX-82 型,上海博讯实业有限公司医疗设备厂;

冰箱:BCD-254(KK25V1110W)型,博西华家用电器有限公司;

气相色谱离子迁移谱仪:FlavourSpec1H1-00053 型,德国 GAS 公司。

1.3 试验方法

1.3.1 牛油精炼 将毛牛油加热至 80 ℃,加入草酸并搅拌,再加入水并搅拌 0.5 h,得到水化油。将水化油升温至 90 ℃,加入碱液并搅拌 15 min,加入 90 ℃的水静置 2 h,分离得到碱炼油。加水并静置沉淀 3 h,得到水洗油,将水洗油加热至 95 ℃,加入白土并搅拌 30 min 后将温度降至 55 ℃,通过泵送入到压滤机中进行过滤,得到脱色油。

取样方法:熔融后从罐中取水化油,碱炼后从罐中取脱酸油,脱色后从罐中取脱色油。

1.3.2 酸价测定 按 GB 5009.229—2016《食品安全国家标准食品中酸价的测定》中的热乙醇指示剂滴定法执行。

1.3.3 过氧化值测定 按 GB 5009.227—2016《食品安全国家标准食品中过氧化值的测定》中的滴定法执行。

1.3.4 碘值测定 按 GB/T5532—2008《动植物油脂碘值的测定》执行。

1.3.5 脂肪酸测定 参照 GB 5009.168—2016《食品安全国家标准食品中脂肪酸的测定》中归一化法测定各种脂肪酸的含量。色谱条件:色谱柱 DB-5;进样量 0.5 μL,恒定流量 1.0 mL/min,分流比 60:1,载气为氦气,进样口温度 270 ℃,出样口温度 25 ℃,初始温度 150 ℃,保持 2 min,以 15 ℃/min 和 2 ℃/min 分别升温至 200, 224 ℃,最后以 10 ℃/min 升温至 270 ℃,保持 10 min。

1.3.6 挥发性物质测定

(1) 样品前处理:样品于室温下密封储存,检测前,将 3 种样品分别取取牛油样品 2 g 置于 20 mL 顶空瓶中待分析。

(2) GC-IMS 条件:IMS 探测器温度 45 ℃;色谱柱类型为 FS-SE-54-CB-1 15 m ID:0.53 mm;分析时间 30 min;柱温 60 ℃;漂移气/载气为氦气。

(3) 顶空条件:顶空孵化温度 100 ℃;孵化时间 15 min;顶空进样针温度 85 ℃;摄氏度进样量 500 μL;漂移气/载气为氦气;孵化转速 500 r/min。

(4) 仪器配套的分析软件:

① LAV:用于查看分析谱图,图中每一个点代表一种挥发性有机物;对其建立标准曲线后可进行定量分析;

② Reporter 插件:直接对比样品之间的谱图差异(二维俯视图和三维谱图);

③ Gallery Plot 插件:指纹图谱对比,直观且定量地比较不同样品之间的挥发性有机物差异;

④ Dynamic PCA 插件:动态主成分分析,用于将样品聚类分析,以及快速确定未知样品的种类;

⑤ GC×IMS Library Search:应用软件内置的 NIST 数据库和 IMS 数据库可对物质进行定性分析。

1.3.7 数据统计与分析 所有试验数据采用 Excel 进行处理及统计分析。每个试验最少 3 次平行,结果均表示为平均值±标准差。

2 结果与分析

2.1 酸价的变化

由图 1 可知,初熔油阶段牛油的酸价最高,可能是此精炼阶段加入草酸导致的;碱炼后酸价达到最低值,为 0.26 mg/g;脱色精炼阶段酸价又略有上升,可能是由于脱色过程中温度较高,甘油三酸酯分解产生了小部分的游离脂肪酸,导致酸价上升。说明脱酸阶段对酸价的影响最大。

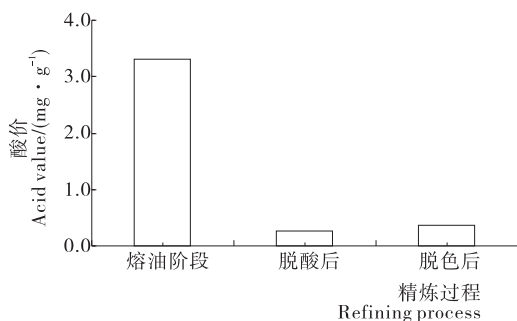


图 1 牛油精炼过程中酸价的变化

Figure 1 Change of acid value in the process of beef tallow refining

2.2 过氧化值的变化

由图 2 可知,精炼过程中,牛油的过氧化值逐渐变大,脱色后的成品达到最大值 0.057 5 g/100 g。可能是熔油阶段牛油最新鲜,随着脱酸、脱色的进行过氧化物逐渐积累,导致过氧化值升高。说明精炼过程越复杂对牛油产生的影响越大,适度精炼有利于牛油品质的保持。

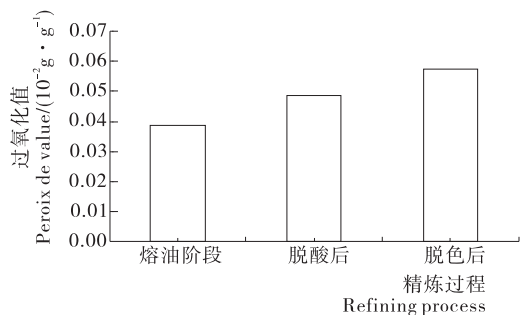


图 2 牛油精炼过程中过氧化值的变化

Figure 2 Change of peroxide value in the process of beef tallow refining

2.3 碘值的变化

如图 3 所示,熔油阶段的碘值最高为 30.35 g/100 g,脱色后碘值最小为 12.47 g/100 g。精炼过程中牛油碘值逐渐降低,但脱酸、脱色阶段的碘值很接近,说明脱酸阶段对牛油的碘值影响比较大,导致牛油中的不饱和脂肪酸变少或被破坏,此外因为在精炼过程中有可能混有少

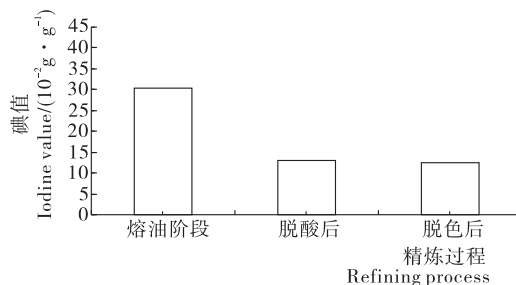


图 3 牛油精炼过程中碘值的变化

Figure 3 Change of iodine value in the process of beef tallow refining

量的其他物质,并不是只有牛油,所以碘值会变低。

2.4 脂肪酸组成的变化

如表 1 所示,经过熔油、脱酸、脱色后牛油中含的 16 种脂肪酸种类并未发生变化,但曾慧英等^[8]利用液—质联机分析牛脂甘油酯组成牛脂中共鉴定出 19 种甘油酯,可能是牛油产地和种类及牛油精炼工艺的不同所致。饱和脂肪酸含量脱酸后最低为 55.6%,各精炼阶段中饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸的比例接近 1:1,说明牛油中脂肪酸的营养结构是比较完善的。整个精炼过程中油酸 C_{18:1}、棕榈酸 C_{16:0}、硬脂酸 C_{18:0} 含量较高,与 Dugo 等^[9]

表 1 牛油精炼过程中脂肪酸组成[†]

Table 1 Composition of fat in different stages of beef tallow refining

脂肪酸种类	相对含量/%		
	熔油阶段	脱酸后	脱色后
C _{14:0}	3.42	3.46	2.96
C _{14:1}	0.87	0.50	0.06
C _{15:0}	0.39	0.39	0.39
C _{16:0}	28.57	28.60	28.13
C _{16:1}	2.84	2.86	2.46
C _{17:1}	0.45	0.54	0.43
C _{17:0}	1.08	1.07	1.15
C _{18:0}	22.33	21.73	23.40
C _{18:1}	35.38	36.24	36.27
C _{18:1t}	1.49	1.72	1.50
C _{18:2}	1.88	1.93	2.30
C _{18:2t}	0.15	0.16	0.15
C _{20:0}	0.21	0.22	0.22
C _{18:3}	0.19	0.19	0.21
C _{20:1}	0.28	0.28	0.24
C _{22:0}	0.46	0.13	0.13
SFAC	56.46	55.6	56.38
USFAC	43.53	44.42	43.62

[†] SFAC、USFAC 分别表示饱和脂肪酸、不饱和脂肪酸含量。

发现牛油中含量较高的甘油三酯为棕榈酸二油酸甘三酯、棕榈酸油酸硬脂酸甘三酯、硬脂酸二油酸甘三酯,以及李桂华等^[10]发现河南和内蒙两地牛脂脂肪酸组成主要为分布在 Sn-2 位的棕榈酸、硬脂酸和油酸的结果相一致,油酸含量在整个精炼阶段逐渐升高,由 35.38% 上升到 36.27%,棕榈酸从熔油阶段的 28.57% 到脱酸阶段的 28.60%,再到脱色阶段的 28.13%,硬脂酸在脱酸后最低为 21.73%,脱色后最高为 23.40%。此外, $C_{14:0}$ 、 $C_{14:1}$ 、 $C_{15:0}$ 、 $C_{16:1}$ 、 $C_{17:1}$ 、 $C_{18:1}$ 含量变少, $C_{17:0}$ 、 $C_{18:2}$ 含量变多,但除硬脂酸外所有脂肪酸含量的变化不超过 1%,说明牛油精炼过程可以一定程度地控制牛油的品质,精炼过程熔油温度的降低、碱洗时间的缩短、搅拌时间的增加等工艺操作条件可一定程度提高牛油品质。

2.5 挥发性物质的测定

牛油熔油、脱酸、脱色 3 个精炼阶段样品的气相色谱离子迁移谱图如图 4 所示。

图 5 是不同精炼阶段样品挥发性物质指纹图谱,表 2 是指纹图谱挥发性物质的定性定量分析结果。由图 5、表 2 可知:整个精炼阶段发现挥发性物质 65 种,2-己醇、1-辛醇、2-辛酮、蛋氨酸等挥发性物质随精炼的进行逐渐减少,直至脱色中含量最低。丁酸乙酯、丁醛、*E*-2-庚烯醛、*E*-2-辛烯醛、苯甲醛、苯乙醛、2-丁酮、2-庚酮、羟基丙酮、2-4-5-三甲基噻唑等物质在脱酸后含量达到最高值,脱色后有所下降。苯甲酸甲酯、辛酸乙酯、乙酸乙酯、戊醛、戊

二醛、己醛、庚醛、正壬醛、戊烯醛、癸醛、2-壬烯醛、2-丙酮、2-己酮、1-丙醇、1-戊醇、2-己醇、2-呋喃甲醇等物质随精炼的进行逐渐增多,脱色后达到最高值。综上所述,每个不同精炼阶段挥发性物质差异较为明显,牛油精炼成品中挥发性物质主要是苯甲酸甲酯、辛酸乙酯、乙酸乙酯等酯类物质。

由图 6 可知,第一主成分与第二主成分贡献率之和达 90%;气味越相近的,则样品间的距离越近,差异越小。图 6 主成分分析表明,3 种牛油样品能很好地基于气味上的差异进行区分。

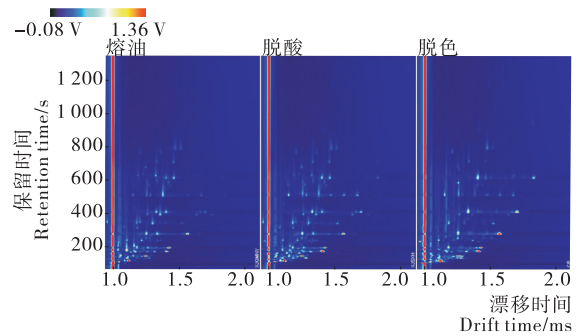


图 4 牛油熔油、脱酸、脱色 3 个精炼阶段样品气相色谱离子迁移谱图

Figure 4 Ion migration spectra of melted beef tallow, deacidification and finished product samples at three stages of refining

表 2 指纹图谱中相对应的挥发性成分的定性定量⁺

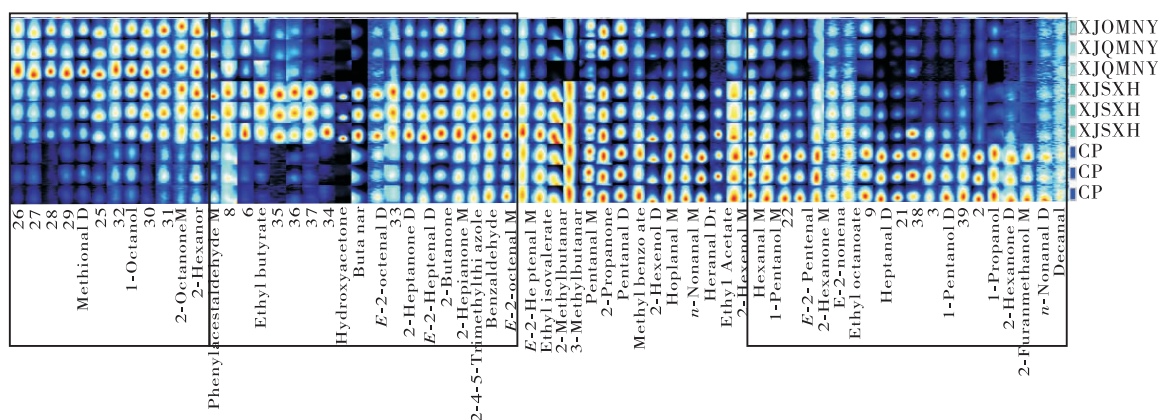
Table 2 Qualitative and quantitative determination of corresponding volatile components in fingerprint

成分	中文名称	保留时间/s	漂移时间/ms	对应峰平均相对强度/AU		
				熔油	脱酸	脱色
26	庚醛 M	396.82	1.358	850.881	566.323	178.354
27	庚醛 D	525.52	1.379	1 945.621	1 405.755	595.484
28	甲硫基丙醛 D	630.24	1.324	740.641	454.712	159.691
29	苯甲醛	241.61	1.217	476.042	306.416	165.298
Methional D	甲基 D	411.45	1.402	1 118.957	882.312	512.058
25	戊酸乙酯	714.48	1.459	400.246	347.451	146.796
32	2-辛酮 M	268.91	1.291	155.249	122.064	65.429
1-Octanol	1-辛醇	613.86	1.462	1 041.765	942.148	597.764
30	<i>E</i> -2-庚醛 M	316.68	1.186	251.932	263.580	61.851
31	<i>E</i> -2-庚醛 D	278.46	1.657	101.886	93.229	63.735
2-Octanone M	辛烷酮 M	595.53	1.333	215.380	255.317	134.840
2-Hexanol	2-己醇	251.94	1.280	144.339	146.181	95.850
Phenylacetaldehyde M	苯乙醛	687.57	1.249	354.405	445.858	376.943
8	2-甲基丁醇	145.08	1.189	144.502	198.324	130.899
6	丙酮醇	350.41	0.957	520.657	722.205	157.877
Ethyl butyrate	丁酸乙酯	272.03	1.209	51.469	77.288	18.895
35	<i>E</i> -2-辛烯醛 M	230.10	1.321	26.365	74.292	12.208
36	<i>E</i> -2-辛烯醛 D	230.10	1.202	59.306	99.009	30.757

续表 2

成分	中文名称	保留时间/s	漂移时间/ms	对应峰平均相对强度/AU		
				熔油	脱酸	脱色
37	苯甲酸甲酯	217.62	1.245	28.529	113.832	23.218
34	苯乙醛 M	237.51	1.308	20.216	78.030	21.320
Hydroxyacetone	羟基丙酮	169.85	1.231	355.850	1 392.608	306.785
Butanal	丁醛	136.50	1.286	168.602	982.180	639.866
<i>E</i> -2-octenal D	<i>E</i> -2-辛烯醛	711.75	1.823	43.658	79.065	60.321
33	1-辛醇	248.24	1.334	44.791	78.069	50.517
2-Heptanone D	2-庚酮 D	394.88	1.633	158.491	314.480	170.661
<i>E</i> -2-Heptenal D	<i>E</i> -2-庚烷 D	512.85	1.673	211.572	594.995	414.049
2-Butanone	2-丁酮	148.39	1.249	1 052.107	1 831.811	1 094.131
2-Heptanone M	2-庚酮 M	397.80	1.260	286.085	452.384	319.592
2-4-5-Trimethylthiazole	2-4-5 三甲噻唑	513.24	1.570	101.989	409.509	306.262
Benzaldehyde	苯甲醛	513.24	1.152	231.948	875.015	786.889
<i>E</i> -2-octenal M	<i>E</i> -2-辛烯醛	712.14	1.334	289.289	474.257	426.531
<i>E</i> -2-Heptenal M	<i>E</i> -2-庚醛 M	519.87	1.257	495.321	892.663	924.389
Ethyl isovalerate	戊酸乙酯	409.89	1.661	173.315	371.786	402.833
2-Methylbutanal	2-甲基丁醛	179.79	1.405	325.321	1 813.978	1 526.111
3-Methylbutanal	3-甲基丁醛	172.97	1.414	596.535	1 608.132	1 580.493
Pentanal M	戊醛 M	198.12	1.178	632.199	744.683	973.463
2-Propanone	2-丙酮	121.29	1.121	2 105.863	3 074.975	3 587.187
Pentanal D	戊醛 D	195.97	1.425	1 572.768	1 650.890	2 062.770
Methyl benzoate	苯甲酸甲酯	768.50	1.205	152.526	230.240	263.204
2-Hexenol D	2-己烯醇 D	347.10	1.520	213.517	508.723	523.870
Heptanal M	庚醛 M	415.35	1.329	929.835	1 475.813	2 171.230
<i>n</i> -Nonanal M	正壬醛 M	798.33	1.473	567.261	777.017	1 018.304
Hexanal D	正己醛 D	282.36	1.567	1 410.441	2 210.230	3 991.476
Ethyl Acetate	乙酸乙酯	155.22	1.340	38.561	91.566	93.444
2-Hexenol M	2-己烯醇 M	346.32	1.182	416.849	600.813	612.760
Hexanal M	正己醛 M	284.90	1.254	1 086.926	1379.736	1 729.714
1-Pentanol M	1-戊醛 M	253.89	1.251	264.455	403.706	594.060
22	2-呋喃甲醇 M	620.88	1.400	672.050	1 252.605	2 018.163
<i>E</i> -2-Pentenal	<i>E</i> -2-戊烯醛	239.85	1.363	106.017	180.171	334.491
2-Hexanone M	2-己酮 M	270.85	1.188	62.806	80.491	85.240
<i>E</i> -2-nonenal	<i>E</i> -2-壬烯醛	901.10	1.411	106.729	151.626	190.111
Ethyl octanoate	乙丙醇	1177.41	1.488	142.786	216.432	263.068
9	戊醛 M	171.21	1.202	160.863	174.342	281.130
Heptanal D	庚醛 D	412.23	1.700	310.154	883.335	2 167.748
21	2-己烯醇 D	617.37	1.826	192.106	440.947	1 229.049
38	正壬醛 M	233.42	1.411	54.999	74.090	135.022
3	1-丙醇	628.10	1.676	65.533	153.030	323.616
1-Pentanol D	1-戊醇 D	250.97	1.508	35.265	66.508	161.716
39	正壬醛 D	661.05	1.261	42.263	69.400	153.213
2	正丁醛	588.32	1.256	234.957	351.672	721.466
1-Propanol	1-丙醇	136.31	1.250	110.955	150.614	487.165
2-Hexanone D	2-己酮 D	269.88	1.506	11.470	19.199	47.789
2-Furanmethanol M	2-呋喃甲醇 M	365.04	1.125	57.564	52.436	141.166
<i>n</i> -Nonanal D	正壬醛 D	795.99	1.947	61.606	72.520	128.690
Decanal	癸醛	1010.68	1.538	89.843	94.908	115.817

† M 代表单体, D 代表二聚体。



XJQMNY、XJSXH、CP 分别表示熔油、脱酸、脱色阶段。

图5 牛油熔油、脱酸、脱色3个精炼阶段样品挥发性物质指纹图谱

Figure 5 Fingerprint of volatile substances in melted beef tallow, deacidification and finished products at three stages of refining

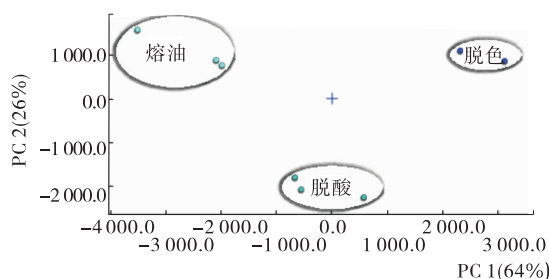


图6 牛油3个精炼阶段样品的挥发性物质PCA分析图
Figure 6 PCA analysis of volatile substances in three refining stages of beef tallow

3 结论

精炼过程中,牛油的主要理化指标酸价受脱酸的影响最大,碘值受脱酸的影响较大,过氧化值在整个精炼过程中都有一定程度的影响,脂肪酸的种类并没有受精炼过程的影响,脂肪酸含量只受到很小程度的影响,精炼过程对牛油中挥发性物质的影响比很大,导致每个阶段的挥发性物质都存在一定的差异。这些典型指标的变化都与精炼过程熔油温度、碱洗时间、搅拌时间等工艺操作条件相关,良好的加工工艺可以产出质较优的产品。目前牛油工业向着适度精炼的方向发展,不同的用途将决定其精炼方式,如分提牛油质量较好的可直接利用,质量不高的可以进行适度精炼。后续将对不同质量的分提牛油的精炼工艺进行深入研究。

参考文献

- [1] 王家升, 张慧, 丁秀臻, 等. 食用牛油的制备及深加工技术综述[J]. 粮油食品科技, 2017, 25(5): 32-36.
- [2] 冯伟玲. 牛油特征性风味化合物筛选及品质质量控制研

究[D]. 成都: 西华大学, 2018.

- [3] 吕晓玲, 杨雪吟, 李津, 等. 精制各阶段牛油风味研究[J]. 粮食与油脂, 2011(11): 24-27.
- [4] 姚迪, 何新益, 闫西纯, 等. 牛油与4种植物油的相容性[J]. 食品与机械, 2018, 34(2): 31-35.
- [5] 薛森, 何新益, 李旭, 等. 鸡油加工过程中产品品质的变化[J]. 食品与机械, 2019, 35(2): 163-166.
- [6] 谭洪卓, 何东平, 高盼. “油料油脂适度加工技术规范制定与实施”特约专栏[J]. 粮油食品科技, 2020, 28(1): 4.
- [7] 王瑞元, 王兴国, 何东平. 食用油精准适度加工理论的发端、实践进程与发展趋势[J]. 中国油脂, 2019, 44(7): 1-6.
- [8] 曾慧英, 公敬欣, 杨峥, 等. 液-质联机分析牛脂甘油酯组成及结构[J]. 中国食品学报, 2014, 14(9): 247-256.
- [9] DUGO P, KUMM T, FAZIO A, et al. Determination of beef tallow in lard through a multidimensional off-line non-aqueous reversed phase-argentation LC method coupled to mass spectrometry[J]. Journal of Separation Science, 2006, 29(4): 567-575.
- [10] 李桂华, 王成涛, 张玉杰, 等. 食用牛油理化特性及组成分析的研究[J]. 河南工业大学学报: 自然科学版, 2010, 31(1): 30-32.