

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2023.03.013

王冲, 王俏君, 马国丽, 等. 不同部位牛油脂肪酸组成和挥发性风味成分分析[J]. 粮油食品科技, 2023, 31(3): 91-97.

WANG C, WANG Q J, MA G L, et al. Analysis of fatty acid composition and volatile flavor composition of different parts of beef tallow[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2023, 31(3): 91-97.

不同部位牛油脂肪酸组成和挥发性风味成分分析

王冲¹, 王俏君¹✉, 马国丽¹, 张逸仙¹, 金俊², 吴港城²(1. 广汉市迈德乐食品有限公司 四川省牛油加工工程技术研究中心, 四川 广汉 618305;
2. 江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214122)

摘要: 以 1 000 kg 牛脂肪为每个样品量提炼牛油, 对得到的肾周脂、腹脂和分割脂 3 种不同部位的牛油采用气相色谱进行脂肪酸组成分析, 并使用气相色谱-嗅闻-质谱联用进行了挥发性风味成分检测。结果表明: 3 种牛油的饱和脂肪酸以棕榈酸、硬脂酸为主, 不饱和脂肪酸以油酸为主。3 种牛油的棕榈酸含量无显著差异 ($P>0.05$), 腰油与肚油的硬脂酸、油酸含量无显著差异 ($P>0.05$), 而分割油与腰油、肚油的硬脂酸、油酸含量都具有极显著性差异 ($P<0.01$)。3 种牛油中挥发性风味成分主要有醛、酸、醇、酮、酯和杂环 6 大类, 其中醛类与酸类含量之和可占总量 70% 以上。不同部位牛油之间挥发性风味成分含量具有显著差异 ($P<0.05$)。腰油中挥发性风味物质总量最高, 肚油中醛类含量占比达到 59.90%; 分割油中挥发性风味成分种类最多, 其中酯类、杂环类挥发性风味成分占比分别达到 8.49% 与 7.61%。脂肪酸测定和挥发性风味成分分析揭示了不同部位牛油之间的特征与差异, 可为食用牛油产品的合理开发利用和风味品质控制提供参考数据。

关键词: 食用牛油; 脂肪酸; 挥发性风味成分; 气相色谱-嗅闻-质谱联用

中图分类号: TS221 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2023)03-0091-07

Analysis of Fatty Acid Composition and Volatile Flavor Composition of Different Parts of Beef Tallow

WANG Chong^{1,2}, WANG Qiao-jun^{1,2}✉, MA Guo-li^{1,2}, ZHANG Yi-xian^{1,2}, JIN Jun³, WU Gang-cheng³(1. Sichuan Beef Tallow Processing Engineering Technology Research Center, Guanghan Medele Food Co., Ltd., Guanghan, Sichuan 618305, China;
2. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China)

Abstract: To smelt beef tallow by using 1 000 kg as the mass of each sample of beef fat, and the fatty acid composition of the obtained butter including perirenal fat, abdominal fat and segmented fat was analyzed by gas chromatography (GC), and the volatile flavor components were detected by gas chromatography-olfactory mass spectrometry (GC-O-MS). The results showed that the saturated fatty acids (SFA) of the three kinds of beef

收稿日期: 2023-02-02

基金项目: 德阳市科技计划项目(重点研发)(2022GZ013)

Supported by: Science and Technology Planning Project of Deyang City (Key Research and Development) (No. 2022GZ013)

作者简介: 王冲, 男, 1995 年出生, 硕士, 研究方向为食用油脂加工。E-mail: 1462681590@qq.com.

通讯作者: 王俏君, 女, 1994 年出生, 硕士, 研究方向为食用油脂加工。E-mail: qiaoqiaosimidar@163.com.

tallow were mainly palmitic acid and stearic acid, and the unsaturated fatty acids (UFA) were mainly oleic acid. In addition, there was no significant difference ($P>0.05$) in palmitic acid content among three kinds of beef tallow. Although there were no significant differences in the stearic acid and oleic acid contents between perirenal tallow and belly tallow ($P>0.05$), there were significant differences in the stearic acid and oleic acid contents between partitioned tallow and waist oil and belly tallow ($P<0.01$). The volatile flavor components of the three kinds of butter were aldehydes, acids, alcohols, ketones, esters and heterocyclic compounds, in which the sum of aldehydes and acids accounted for more than 70% of the total. Moreover, there were significant differences in volatile flavor components among different parts of butter ($P<0.05$). Among the three kinds of beef tallow, the total amount of volatile flavor substances in perirenal tallow was the highest. The aldehydes in belly tallow accounted for 59.90%; At the same time, partitioned tallow had the most volatile flavor components, and esters and heterocyclic volatile flavor components accounted for 8.49% and 7.61%, respectively. Fatty acid determination and volatile flavor component analysis revealed the characteristics and differences of different parts of beef fat. It can provide reference for rational development and flavor quality control of beef tallow.

Key words: beef tallow; fatty acids; volatile aroma components; gas chromatography-olfactory mass spectrometry

经兽医检验的健康牛在屠宰后取其新鲜、洁净和完好的脂肪组织，在炼制、精炼等加工后制得牛油，因其特殊香味和口腔加工特性，牛油被广泛应用于食品及食品加工过程中^[1]。同时，作为麻辣火锅底料的重要原料及载体，牛油的品质对麻辣火锅产品的品质有着决定作用，因此对牛油的风味等性质研究已成为火锅产品研究的热点^[2]。

不同来源的牛脂肪所炼制得到牛油具有不同的风味，而脂肪酸组成的差异是其产生不同风味的主要原因^[3]。近年来，一系列牛脂肪的脂肪酸组成研究已被报道，郑娅等^[4]利用气相色谱（gas chromatography, GC）分析了河西肉牛、西门塔尔和安格斯牛品种间牛肉脂肪酸组成和特征差异，发现安格斯牛肉中不饱和脂肪酸（unsaturated fatty acid, UFA）含量高出西门塔尔牛 7.10%。余磊等^[5]研究了夏南牛不同饲养月龄对其背肌肉品质、肌内脂肪含量以及长链脂肪酸含量的影响，认为 24 月龄夏南牛脂肪更符合人体的健康标准。张娅俐等^[6]发现肃南牦牛不同部位脂肪酸含量有着显著性差异，主成分分析（principal component analysis, PCA）很好地实现了牦牛 5 个不同部位脂肪的区分。然而，现有研究多以牛品种、月龄或产地为因素探究牛油脂肪酸。牛脂肪供应商通常不以牛的品种、月龄、性别为牛脂肪的分类依据，而是

按脂肪在机体的部位进行分类。因此，在生产中牛油也依据部位被分为：肾周脂熔炼出的腰油、腹脂熔炼得到的肚油、以皮下脂肪组织为主的分割脂得到的分割油。从生产应用看，不同部位牛油具有不同的感官特性，例如腰油色白、硬度较高，脂肪味、膻香味；分割油熔点较低、香气丰富。

获得不同部位来源牛油的脂肪酸组成、挥发性风味成分对牛油的品质控制、产品风味调控开发等工作有着现实意义。为了降低牛个体差异对实验结果的影响，本研究以 1 000 kg 为单个样本的质量对不同部位牛脂肪进行炼制，得到牛油。通过 GC 检测不同部位牛油中脂肪酸组成，气相色谱-嗅闻-质谱联用（gas chromatography-olfactometry-mass spectrometry, GC-O-MS）检测不同部位牛油的挥发性风味成分，为牛脂肪的综合利用提供数据支撑。

1 材料与方法

1.1 原料与试剂

不同部位牛脂肪：肾周脂、腹脂、分割脂；氢氧化钾（分析纯）、硫酸氢钠（分析纯）：国药集团化学试剂有限公司；甲醇（色谱纯）、异辛烷（色谱纯）：美国 Fisher 公司；2,4,5-三甲基噻唑（标准品级）、正构烷烃（C7-C30，标准品级）、正己烷（色谱纯）：美国 Sigma 公司。

1.2 主要仪器设备

Agilent 8860 气相色谱仪、8890-5977B 气相色谱-质谱联用仪、配置 PAL3 自动进样器系统：美国安捷伦科技有限公司；DVB/CAR/PDMS 三相萃取头：美国 Supelco 公司；DB-WAX (30 m×0.25 mm×0.25 μm) 色谱柱：美国 J&W 公司；ODP3 嗅闻仪：德国 Gerstel 公司；FA2004B 电子天平 (0.000 1g)：上海佑科仪器仪表有限公司。

1.3 牛脂肪的处理

牛脂肪经破碎机破碎后连续投入熔炼锅，搅拌并加热使牛脂肪在投料过程中受热均匀成固液状态，当投入量达到设定值 (1 000 kg) 时停止投料。持续加热并搅拌，当油温到达 140 °C 时停止加热，搅拌焖制 20 min。焖制完毕后 (油温 150 °C) 将油渣混合物从熔炼锅中排出，经捞渣机、离心机分离出油渣，得到毛油；油渣经压榨机压榨，得到压榨油。牛脂肪的出油率按公式 (1) 计算。

$$\text{出油率}\% = \frac{m_{\text{毛油}} + m_{\text{压榨油}}}{m_{\text{牛脂肪}}} \times 100 \quad (1)$$

1.4 脂肪酸检测

取毛油进行脂肪酸检测。脂肪酸参照 GB 5009.168—2016《食品中脂肪酸的测定》进行测定，以色谱峰峰面积定量。

1.5 挥发性风味物质检测

取毛油进行挥发性风味物质检测。牛油挥发

性风味物质的 GC-O-MS 检测与定量分析参考鲍薪羽等^[7]提出的方法进行。

1.6 数据分析

采用 Excel 2016 进行平均值和标准偏差分析，用 SPSS 19.0 统计分析软件进行方差分析，数据结果均以“平均值±标准差”表示。

2 结果与讨论

2.1 不同部位牛脂肪出油率

对不同部位牛脂肪的出油率目前还少见报道，一般由于组织结构和脂肪细胞的差异，不同部位牛脂肪在炼制后有不同的出油率。本研究中各部位牛脂肪的油出率如表 1 所示。

牛脂肪出油率在 53%~79% 之间。肾周脂的出油率最高，达到了 78.31%，腹脂的出油率也在 76.62% 左右。分割脂出油率较低，这是由于分割脂中夹杂有较多的肌肉、结缔和血液等非脂肪组织。

表 1 各部位牛脂肪出油率

牛脂肪部位	出油率	牛油俗称
肾周脂	78.31±2.43	腰油
腹脂	76.62±3.51	肚油
分割脂	53.88±3.27	分割油

2.2 不同部位牛油的脂肪酸组成

对不同部位牛脂肪得到的毛油样品中 13 种脂肪酸的相对含量进行测定，其结果见表 2。

表 2 不同部位来源牛油的脂肪酸组成

脂肪酸	脂肪酸相对含量			
	肚油	分割油	腰油	
饱和脂肪酸	月桂酸 (C12:0)	0.01±0.04 ^a	0.02±0.03 ^a	—
	肉豆蔻酸 (C14:0)	2.95±0.23 ^a	3.03±0.08 ^a	2.94±0.19 ^a
	棕榈酸 (C16:0)	24.61±1.14 ^a	23.6±2.61 ^a	25.29±1.07 ^a
	十七烷酸 (C17:0)	1.48±0.25 ^a	1.54±0.27 ^{ab}	1.29±0.17 ^{ac}
	硬脂酸 (C18:0)	26.31±2.03 ^{Aa}	24.67±2.15 ^B	27.05±1.54 ^{Aa}
单不饱和脂肪酸	豆蔻油酸 (C14:1)	0.14±0.17 ^a	0.17±0.13 ^a	0.20±0.17 ^a
	棕榈油酸 (C16:1)	1.40±0.25 ^{ac}	1.86±0.58 ^{bc}	1.51±0.34 ^c
	油酸 (C18:1)	30.24±1.58 ^{Aa}	33.18±1.73 ^B	29.67±1.31 ^{Aa}
	反式油酸 (C18:1t)	4.46±1.15 ^a	4.11±1.75 ^{ab}	3.71±0.70 ^{ac}
多不饱和脂肪酸	亚油酸 (C18:2)	1.58±0.04 ^a	2.13±0.51 ^b	1.21±0.14 ^a
	反式亚油酸 (C18:2t)	0.37±0.45 ^a	0.25±0.44 ^a	0.41±0.42 ^a
	γ-亚麻酸 (C18:3n3)	0.64±1.31 ^a	1.44±1.76 ^a	0.90±1.31 ^a
	α-亚麻酸 (C18:3n6)	0.03±0.12 ^a	0.08±0.15 ^a	0.03±0.09 ^a

续表 2

脂肪酸	脂肪酸相对含量		
	肚油	分割油	腰油
SFA (饱和脂肪酸)	55.36	52.86	56.57
MUFA (单不饱和脂肪酸)	36.24	39.32	35.09
PUFA (多饱和脂肪酸)	2.64	3.90	2.55

注: -表示未检出。同行数据大写字母完全不同表示差异极显著($P < 0.01$), 含相同大写字母、而小写字母完全不同表示差异显著($P < 0.05$), 含相同小写字母表示差异不显著($P > 0.05$)。下同。

Note: “—” means not detected. In peer data, completely different uppercase letters means very significant difference ($P < 0.01$), containing the same uppercase letters but completely different lowercase letters means significant difference ($P < 0.05$), and containing the same lowercase letters means no significant difference ($P > 0.05$). The same as below.

牛油中含有的脂肪酸种类繁多, 但大部分脂肪酸的含量是很少或者是微量的。由于反刍动物瘤胃中微生物对 UFA 的氢化作用^[8], 棕榈酸、硬脂酸和油酸含量占到了牛油脂肪酸总量的 80%以上, 是牛油的主要脂肪酸。在饱和脂肪酸 (saturated fatty acid, SFA) 中, 3 种牛油的月桂酸、豆蔻酸、棕榈酸含量无显著性差异 ($P > 0.05$)。牛油中含有十七烷酸, 其中在分割油含量最高为 1.54%, 与腰油中十七烷酸含量具有显著性差异 ($P < 0.05$), 而肚油的十七烷酸含量与分割油、腰油均无显著性差异 ($P > 0.05$)。硬脂酸具有高的熔点, 硬脂酸含量最高的为腰油, 达到了 27.05%。腰油与肚油的硬脂酸含量无显著差异 ($P > 0.05$), 而与分割油中硬脂酸含量有极显著性差异 ($P < 0.01$)。

UFA 易于氧化, 是重要的风味前体物。3 种牛油单不饱和脂肪酸 (monounsaturated fatty acids, MUFA) 之间的含量差异主要体现在油酸、反式油酸上。分割油中油酸含量最高, 达到了 33.18%, 与肚油及腰油都具有极显著差异 ($P < 0.01$)。在牛的消化过程中, 食料的 UFA 被牛瘤胃微生物丁酸弧菌群氢化产生反式脂肪酸^[9], 致使牛油中有着一定的天然反式脂肪酸。检测显示, 牛油中反式脂肪酸含量为 4%~5%, 其中腰油中反式脂肪酸相对含量较低。分割油与腰油的 SFA 和 MUFA 组成差异相对较大, 特别是硬脂酸和油酸含量有着极显著性差异, 而肚油的各脂肪酸含量常介于两者之间。从机体内外体温差异来看, 更靠近体表的分割脂需要更低的熔点来满足机体对其的利用, 因此, 分割油有着较低的硬脂酸含量和较高的油酸含量。这也与牛脂肪从表皮、肌肉间到肌肉内

部、深腹和肾周脂肪的硬度逐步增加^[10]的研究结果相对应。

多不饱和脂肪酸 (polyunsaturated fatty acids, PUFA) 是重要的必需脂肪酸, 在牛油中总体占比比较低。表 2 中牛油的 ω -3 PUFA 主要为 α -亚麻酸, ω -6 PUFA 主要为亚油酸和 γ -亚麻酸。虽然 α -亚麻酸、 γ -亚麻酸含量在 3 种牛油中无显著性差异, 但这两种亚麻酸在分割油中都有着较丰富的相对含量。在 3 种牛油中, 分割油的亚油酸相对含量最高, 并与腰油、肚油中亚油酸相对含量有着显著性差异 ($P < 0.05$)。

2.3 不同部位牛油挥发性风味成分及含量

在牛油的熔炼、油渣分离过程中, 脂质、蛋白等风味前体物经氧化、美拉德反应和焦糖化等反应所产生的挥发性风味成分, 这些成分发挥协同作用构成了牛油的香气^[11]。对 3 种毛油的挥发性风味物质检测结果如表 3 所示。

3 个不同部位牛油的挥发性风味成分共测出 46 种, 物质种类量依次为分割油 (42 种)、腰油 (40 种)、肚油 (38 种)。如表 4 所示, 牛油中挥发性风味成分有醛、酮、醇、酸、酯、杂环 6 类。分割油、腰油、肚油中醛类挥发性风味成分的含量占比最多, 分别为 43.00%、47.35%和 59.90%; 酸类成分次之, 分别为 29.72%、31.36%和 27.41%。醛、酸类占牛油挥发性风味成分总量的 70%以上, 是牛油特征香味的主要来源。醛类和酸类挥发性化合物主要由脂质的氧化产生^[13], 其中醛类能为牛油提供脂香味、油香味及清香味, 而酸类物质对牛油的膻味和香味的醇厚感有贡献^[14]。

在挥发性风味成分总量上, 腰油共检出

表 3 牛油样品的 GC-O-MS 分析
 Table 3 The GC-O-MS result of beef tallow samples

ng/g

类别	挥发性风味成分	气味描述 ^[12]	不同部位牛油的挥发性风味成分相对含量		
			肚油	腰油	分割油
醛类	戊醛	杏仁味	57.97±14.67 ^a	94.57±8.89 ^{ab}	29.54±7.66 ^{ac}
	己醛	青草味	66.96±6.07 ^{Aa}	136.51±36.41 ^{Bb}	86.87±14.32 ^{ABa}
	庚醛	脂肪味	122.14±10.39 ^{Aa}	240.02±38.98 ^B	79.95±10.63 ^{Ab}
	辛醛	脂肪味	149.55±11.94 ^{Aa}	249.16±28.67 ^B	101.74±6.70 ^{Ab}
	壬醛	清新味	360.63±37.20 ^a	360.58±69.26 ^a	181.23±20.71 ^b
	苯甲醛	坚果味	63.03±11.96 ^A	148.22±21.29 ^{Ba}	154.60±10.20 ^{Bb}
	癸醛	橙皮味	51.99±7.39 ^a	55.03±10.39 ^a	25.11±5.02 ^b
	十一醛	肥皂味	17.23±4.81 ^a	51.26±9.41 ^b	11.93±3.15 ^a
	(E)-2-戊烯醛	果香味	25.14±3.57 ^a	26.18±5.18 ^a	57.61±4.28 ^b
	(E)-2-己烯醛	清新味	46.99±3.17 ^a	39.21±12.99 ^a	46.50±9.05 ^a
	(E)-2-庚烯醛	脂肪味	83.04±4.67 ^A	8.69±2.06 ^{Ba}	24.07±3.67 ^{Bb}
	(E)-2-辛烯醛	黄瓜味	111.75±12.83 ^{Aa}	168.26±15.14 ^{Ab}	98.79±8.71 ^B
	(E)-2-壬烯醛	脂肪味	203.56±15.52 ^{Aa}	194.35±16.31 ^{Aa}	51.51±8.06 ^B
	(E)-2-癸烯醛	牛脂味	350.89±21.37 ^{Aa}	245.35±14.65 ^{Ab}	71.87±50.00 ^B
	2-十一烯醛	橘皮味	299.42±13.81 ^A	120.26±8.66 ^{Bb}	126.22±8.60 ^{Bb}
	α -戊基肉桂醛	花香	—	—	88.71±5.92
	(E,E)-2,4-庚二烯醛	脂肪味	30.67±6.68 ^a	38.48±4.55 ^a	28.84±6.94 ^a
(E,E)-2,4-癸二烯醛	脂肪味	11.50±2.54 ^a	16.96±10.35 ^a	14.12±3.77 ^a	
酮类	2-辛酮	汗味	7.43±2.00 ^A	43.30±3.64 ^B	—
	2-壬酮	牛奶味	14.58±2.86 ^a	27.87±10.49 ^b	22.58±4.86 ^b
	2-十五烷酮	茉莉味	40.34±2.89 ^{Aa}	41.09±3.69 ^{Aa}	15.16±4.49 ^B
	2(5H)-呋喃酮	黄油味	—	—	49.71±7.77
醇类	戊醇	香料味	40.77±3.43 ^{ABa}	99.71±13.9 ^{Ab}	14.17±9.22 ^{Ba}
	己醇	清新味	20.60±2.34 ^a	64.06±13.1 ^a	20.29±3.61 ^a
	庚醇	霉味	9.01±1.73 ^{Aa}	84.48±9.42 ^B	34.63±8.63 ^{Aa}
	辛醇	玫瑰味	73.63±4.28 ^A	—	28.39±7.11 ^B
	糠醇	焦糖味	—	67.86±3.99 ^a	79.10±7.01 ^a
	2,3-丁二醇	黄油味	8.01±1.58 ^A	59.52±9.63 ^B	—
	1-辛烯-3-醇	蘑菇味	33.49±1.40 ^{Aa}	144.65±11.32 ^B	68.52±3.90 ^{Aa}
酸类	乙酸	酸味	399.81±29.95 ^{Aa}	595.65±22.61 ^B	339.55±21.45 ^{Aa}
	丙酸	奶酪味	—	126.31±20.51	—
	丁酸	奶酪味	18.84±2.88 ^a	20.83±9.86 ^a	16.65±4.83 ^a
	戊酸	香料味	—	32.13±5.51 ^a	40.87±8.31 ^a
	己酸	汗酸味	97.32±5.27 ^{Aa}	99.91±19.77 ^{Aa}	46.57±7.95 ^B
	庚酸	汗臭味	26.21±6.85 ^a	57.10±6.54 ^b	20.45±7.17 ^a
	辛酸	腐败味	86.61±7.78 ^{Aa}	74.63±5.92 ^{Ab}	127.45±2.91 ^B
	壬酸	奶酪味	170.36±6.37 ^{Aa}	259.90±13.81 ^B	181.96±6.28 ^{Aa}
	癸酸	腐臭味	140.12±8.00 ^a	185.88±11.82 ^b	110.49±10.32 ^a
酯类	甲酸庚酯	黄瓜味	44.58±6.07 ^A	142.67±9.66 ^{Ba}	122.88±11.15 ^{Bb}
	γ -丁内酯	桃子味	—	13.17±7.21 ^A	99.24±9.14 ^B
	γ -辛内酯	奶油味	29.86±2.46 ^a	—	30.31±5.48 ^a
	γ -十一内酯	果味	49.89±4.42 ^a	45.40±7.50 ^a	—
杂环类	2-甲基吡嗪	爆米花味	—	—	53.53±5.19
	2-戊基吡啶	脂肪味	25.96±2.30 ^a	34.99±4.24 ^a	38.12±8.14 ^a
	2-戊基呋喃	山楂味	36.49±7.16 ^{Aa}	117.49±12.02 ^{Bb}	67.94±23.45 ^{ABa}
	2-乙基-6-甲基吡嗪	烤土豆味	—	—	66.83±13.86

表 4 牛油中挥发性风味成分种类及占比
 Table 4 The types and proportion of volatile flavor components in butter

种类	肚油		腰油		分割油	
	相对含量/(ng/g)	占比/%	相对含量/(ng/g)	占比/%	相对含量/(ng/g)	占比/%
醛类	2 052.46	59.90	2 193.09	47.35	1 279.19	43.00
酮类	62.35	1.82	112.26	2.42	87.45	2.94
醇类	185.51	5.41	520.23	11.23	245.10	8.24
酸类	939.18	27.41	1 452.34	31.36	883.94	29.72
酯类	124.33	3.63	201.17	4.34	252.43	8.49
杂环类	62.45	1.82	152.39	3.29	226.42	7.61
合计	3 426.28	100	4 631.48	100	2 974.53	100

4 631.48 ng/g, 在三者中最高。己醛、庚醛、辛醛、壬醛、(E)-2-辛烯醛是不饱和脂肪酸的衍生物, 在腰油中有更高的含量, 其中庚醛、辛醛显示了极显著的差异 ($P<0.01$)。同时, 腰油中酸类挥发性风味成分占比达到了 31.36%, 其乙酸、丙酸、壬酸含量极显著地高于肚油和分割油 ($P<0.01$)。根据秦雅丽的研究, (E)-2-辛烯醛、乙酸和辛醛在牛油特征风味中有着重要贡献^[15]。因此, 更多的醛类和酸类挥发性风味成分总量使得腰油呈现出醇厚的脂香味。肚油的醛类挥发性风味成分占比达到 59.90%, 其香型比较突出和集中, 表明腹脂的脂肪氧化程度最高。肚油中含有的中链长不饱和醛较为丰富, 其中黄瓜味的(E)-2-壬烯醛、油脂味的(E)-2-癸烯醛和橘子皮味的 2-十一烯醛含量显著高于腰油和分割油。醇类来自于 UFA 的氧化和醛的还原。1-辛烯-3-醇具有蘑菇味, 对牛肉香味的形成有重要贡献^[16], 该物质在分割油中含量最高, 与其余 2 种油中 1-辛烯-3-醇含量有极显著的差异 ($P<0.01$)。此外, 相对于腰油与肚油, 分割油中酯类和杂环类占比分别达到 8.49%和 7.61%, 为其明显的组成特征。分割油中酯类含量较高的为具有黄瓜味的甲酸庚酯和奶油味的 γ -丁内酯。杂环类物质来源于美拉德反应、氨基酸分解以及醛类化合物的羰氨反应, 赋予牛油焦香、甜香、以及烤肉香, 其中 2-戊基吡啶和 2-戊基咪唑是牛油风味主要的修饰物质^[15]。同时分割油中特有 2-甲基吡嗪和 2-乙基-6-甲基吡嗪。因此, 较高的酯类和杂环类挥发性风味成分占比可能是分割脂油具有丰富层次风味的原因。

3 结论

牛油的风味与其脂肪的脂肪酸组成具有相关性, 本研究以 1 000 kg 为单个样品质量提炼不同部位牛脂肪, 得到牛油, 对其出油率、脂肪酸组成和牛油挥发性风味成分差异进行分析。牛脂肪的出油率在 53%~79%之间, 依次为肾周脂>腹脂>分割脂。脂肪酸的组成及含量在不同部位上有着显著性差异。棕榈酸、硬脂酸和油酸含量占牛油脂肪酸总量的 80%以上, 是牛油的主要脂肪酸。3 种牛油 SFA 含量均在 50%以上, 其中腰油 SFA 含量最高, 为 56.57%, 分割油 SFA 含量最低, 为 52.86%, 腰油与分割油的硬脂酸与油酸含量都具有极显著性差异 ($P<0.01$)。

脂肪酸组成及含量的差异对不同部位牛油中挥发性风味成分产生了影响。牛油挥发性风味成以醛类、酸类为主, 分割油较高的 UFA 占比使其产生的挥发性风味成分丰富并具有较高的酯类、杂环类占比, 具有多层次的风味表现; 腰油中挥发性风味成分总量最高, 其高含量的醛类、酸类为其带来膻味和脂肪味; 肚油中醛类含量占比显著, 达到 59.90%, 表明其脂质氧化裂解程度高, 香型更突出和集中。

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.
WANG J S, ZHANG H, DING X Z, et al. Overview of extracting and deep processing of edible beef tallow[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2017, 25(5): 32-36.
- [2] SUN J, MA M J, SUN B G, et al. Identification of characteristic

- aroma components of butter from Chinese butter hotpot seasoning[J]. *Food Chemistry*, 2021, 338(4): 127838. 1-127838.4.
- [3] 王雪梅, 王传明, 刘鹏. 牛油感官特征分析及关键风味物质鉴定[J/OL]. *中国油脂*: 1-12. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1099.TS.20220819.1625.006.html>.
 WANG X M, WANG C M, LIU P. Sensory characteristics analysis and key volatile compounds identification of beef tallow[J/OL]. *China Oils and Fats*: 1-12. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1099.TS.20220819.1625.006.html>.
- [4] 郑娅, 王晓璇, 胡生海, 等. 河西肉牛脂肪酸成分比较及主成分分析[J]. *现代食品科技*, 2021, 37(2): 290-297+170.
 ZHENG Y, WANG X X, HU S H, et al. Comparison of fatty acid composition and principal component analysis of beef cattle in western area of yellow river[J]. *Modern Food Science & Technology*, 2021, 37(2): 290-297+170.
- [5] 余磊, 邢珊珊, 李静, 等. 饲养月龄对夏南牛肉品质、肌内脂肪及长链脂肪酸的影响[J/OL]. *食品科学*: 1-11. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2206.TS.20220728.1826.018.html>.
 YU L, XING S S, LI J, et al. Effects of feeding age on meat quality, intramuscular fat and long chain fatty acid in Xianan cattle[J/OL]. *Food Science*: 1-11. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2206.TS.20220728.1826.018.html>.
- [6] 张娅俐, 洪晶, 张棚, 等. 肃南牦牛不同部位脂肪中脂肪酸组成分析[J]. *食品安全质量检测学报*, 2021, 12(18): 7168-7174.
 ZHANG Y L, HONG J, ZHANG P, et al. Analysis of fatty acid composition in fat in different parts of Sunan yak[J]. *Journal of Food Safety and Quality*, 2021, 12(18): 7168-7174.
- [7] 鲍薪羽, 王丽金, 宋焕禄, 等. 基于电子鼻和 GC-O-MS 技术分析牛油和羊油中香气成分的差异[J]. *中国食品学报*, 2022, 22(12): 267-281.
 BAO X Y, WANG L J, SONG H L, et al. The aroma difference in beef tallow and mutton tallow analyzed by GC-O-MS combined with electronic nose[J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2022, 22(12): 267-281.
- [8] 姜雅慧, 卜登攀, 杨红建, 等. 不饱和脂肪酸在瘤胃氢化的微生物学机制研究进展[J]. *华北农学报*, 2015, 30(S1): 376-382.
 JIANG Y H, BU D P, YANG H J, et al. The advance research of the microbial biohydrogenation mechanism of unsaturated fatty acid in rumen[J]. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 2015, 30(S1): 376-382.
- [9] RAMOS-MORALES E, MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ G, ABECIA L, et al. Garlic derived compounds modify ruminal fatty acid biohydrogenation and induce shifts in the *Butyrivibrio* community in continuous-culture fermenters[J]. *Animal Feed Science & Technology*, 2013, 184(1-4): 38-48.
- [10] FERREIDON S. *Bailey's industrial oil and fat products, volume 1, edible oil and fat products: chemistry properties and health effects, 6th Edition*[M]. Wiley, 2016.
- [11] 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.
- FENG W L. Screening the characteristic flavor compounds of tallow and quality control[D]. Chengdu: Xihua University, 2018.
- [12] VAN GEMERT L J. *Odour thresholds: Compilations of odour threshold values in air, water and other media*[M]. Oliemans Punter & Partners BV, 2011.
- [13] WANG J, CHEN L, LIU Y, et al. Identification of key aroma-active compounds in beef tallow varieties using flash GC electronic nose and GC×GC-TOF/MS[J]. *European Food Research and Technology*, 2022, 248(7): 1733-1747.
- [14] 吕玉, 史智佳, 曲超, 等. 气相色谱-嗅闻-质谱联用分析牦牛肉的“膻味”成分[J]. *食品科学*, 2014, 35(2): 209-212.
 LYU Y, SHI Z J, QU C, et al. Analysis of odor-active compounds of yak meat by GC-O-MS[J]. *Food Science*, 2014, 35(2): 209-212.
- [15] 秦雅丽. 牛油关键风味物质的鉴定及可控美拉德反应法制备[D]. 无锡: 江南大学, 2022.
 QIN Y L. Identification preparation by Maillard method of key aroma compounds in tallow[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2022.
- [16] 林喆, 韦仕静, 姚崇, 等. 不同牛油油脂评价及成分分析[J]. *中国食品添加剂*, 2021, 32(2): 83-90.
 LIN Z, WEI S J, YAO C, et al. Evaluation and composition analysis of different tallows[J]. *China Food Additives*, 2021, 32(2): 83-90. 完