两种提取方式的燕麦油成分的 GC-MS 分析

张陈[1,2]，吕振岳[3]，葛发欢[1,4]，马晋芳[1,4]，于荣敏[2]
（1.中山大学南沙研究院，广东广州 511458）（2.暨南大学药学院，广东广州 510632）
（3.广州中康食品有限公司，广东广州 510940）（4.中山大学药学院，广东广州 510006）

摘要：为了研究不同提取方法对燕麦油中化学成分的影响，本实验采用常规提取和超临界 CO_2 流体提取两种方法提取燕麦油中的成分，并结合气相色谱-质谱联用（GC-MS）对燕麦油的成分进行检测和分析。GC-MS 分析结果显示，燕麦油常规提取物中，通过人工解析结合标准图谱数据库（NIST）检索定性确认，共鉴定出 6 种成分，从常规提取燕麦油脂肪酸酯化产物中共鉴定出 13 种成分；采用超临界 CO_2 流体提取方法提取的燕麦油中共鉴定出 16 种成分，从超临界流体提取燕麦油脂肪酸酯化产物中共鉴定出 10 种成分。采用峰面积归一化法计算各化合物的相对百分含量，4 种样品化学成分含量分别占总面积的 82.7%、99.65%、64.26%和 99.71%，其中含量较高的有 N-(2-羟乙基)癸酰胺、顺式-十八烷酸、亚油酸、油酸和棕榈酸等。本研究旨在今后为燕麦油的进一步食用或药用研究开发提供参考。

关键词：燕麦油；成分；气相色谱-质谱联用
文章篇号：1673-9078(2017)9-276-282 DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2017.9.041

GC-MS Analysis of Components Extracted from Oat Oil by Two Extraction Methods

ZHANG Chen[1,2], LV Zhen-yue[3], GE Fa-huan[1,4], MA Jin-fang[1,4], YU Rong-min[2]
(1.Nansha Research Institute, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 511458, China) (2.College of Pharmacy, Ji'nan University, Guangzhou 510632, China) (3.Guangzhou Sinocon Food Co., Ltd, Guangzhou 510940, China)
(4.School of Pharmaceutical Sciences, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510006, China)

Abstract: To study the effect of different extraction methods on the chemical composition of oat oil, the components of oat oil were extracted by conventional methods and by using supercritical carbon dioxide, and the composition of the resulting oat oils was determined and analyzed by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). GC-MS analysis results showed that after the data were analyzed and searched against the National Institute of Standards and Technology (NIST) library, 6 and 13 components were identified in the oat oil extract obtained by traditional extraction and the methyl esterification product of fatty acids in the oat oil extract obtained by traditional extraction, respectively. There were 16 and 10 components identified from the oat oil extract obtained using supercritical carbon dioxide and the methyl esterification product of fatty acids in the oat oil extract obtained using supercritical carbon dioxide, respectively. The peak area normalization method was used to calculate the relative contents of the compounds; the chemical content of four samples accounted for 82.7%, 99.65%, 64.26%, and 99.71% of the total area, respectively. Among them, the compounds with a relatively high content in the oat oil were N-(2-hydroxyethyl)-decanamide, (Z)-6-octadecenoic acid, linoleic acid, oleic acid, hexadecanoic acid, and others. The study aims to provide a reference for further study and development of oat oil for edible or medicinal uses.

Key words: oat oil; components; gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS)

燕麦（拉丁学名 *Avena sativa L.*）为禾本科植物，《本草纲目》中称之为雀麦、野麦子。燕麦不易脱皮，所以被称为皮燕麦，是一种低糖、高营养、高能食品。燕麦性味甘平。能益脾养心、敛汗。有较高的营养价值。可用于体虚自汗、盗汗或肺结核病人。煎汤服，或"舂去皮作面蒸食及作饼食。"（《救荒本草》）。燕麦耐寒，抗旱，对土壤的适应性很强，能自播繁衍。燕麦富含膳食纤维，能促进肠胃蠕动，利于排便，热量低，升糖指数低，降脂降糖，也是高档补品之一，在贫苦地区是不可缺少的干粮。

燕麦不属于油料作物，但与其他谷物相比，其脂

收稿日期：2017-03-17

作者简介：张陈（1992-），女，在读硕士，主要从事天然药物活性成分及质量标准研究

通讯作者：马晋芳（1985-），女，助理研究员，主要从事中药现代化及质量标准研究

肪含量居于首位，平均含量达到了 7%[1]。燕麦脂肪属于优质脂肪酸，其中棕榈酸、油酸和亚油酸占总脂肪酸的含量 95%以上[2~4]。燕麦脂肪中含有多种抗氧化成分，它们不仅可以提高燕麦油脂抗氧化酸败的能力，延长燕麦油的储存稳定性[5]，还可以清除自由基，延缓衰老。燕麦脂质具有独特的理化功能特性，在化妆品、面部保养品、食品和药物中具有很大的应用潜力。它既是一种很好的食品乳化剂，又是口服药物和局部用药的载体[6]。目前发表的文献中，主要是关于燕麦麸油的研究。部分学者[7~9]研究了燕麦麸油的超临界 CO_2 萃取工艺；任清等[10]研究了燕麦麸油的提取及精制工艺；Erazo-Castrejón 等[11]研究了燕麦麸油在面包中的应用。

从营养角度看，燕麦是最优质的谷类作物，其籽粒中含有蛋白质、脂肪、β-葡聚糖、抗氧化成分含量和质量都是独一无二的[12]。现代医学和营养学研究表明，燕麦籽粒中所富含的膳食纤维、蛋白质、脂肪、淀粉、抗氧化物、维生素和矿物质等对人体有着降血脂、降血糖、减肥和美容等多种功能。燕麦已成为公认的营养和医疗保健价值最高的谷类作物之一，是社会认知度较高的药食同源作物[13]。

燕麦富含优质油脂，主要由不饱和脂肪酸组成，燕麦油脂质成分和水合特性能在油中乳化大量的水分，可以作为表皮层水合保湿剂的有效载体；燕麦油还可以在皮肤表面形成一层油膜，起到长效保湿的作用；燕麦精油中的不饱和脂肪酸成分，能够软化皮肤，滋润养颜，给予舒适的肤感。通常采用超临界生产工艺，萃取燕麦精华，产品富含燕麦蒽酰胺、V_E 和甾醇类物质。具有良好的抗过敏、抗刺激和抗氧化作用，可有效去除和预防皮肤表面泛红现象，对过敏性皮肤具有良好的保护作用。燕麦精油为良好的植物源抗氧化剂，可替代化妆品中化学合成抗氧化剂的使用，保护皮肤免受刺激，延缓皮肤衰老。因此本文对燕麦油中各种成分进行分析比较，为今后进一步研究燕麦油提供参考。

1 材料与方法

1.1 实验仪器与材料

Trace 1300-ISQ 气质（赛默飞世尔（美国）仪器有限公司）；Trace1300-ISQ 气相色谱-质谱联用仪（美国 Thermo Fisher Scientific 公司）；XS205 DualRange 型十万分之一分析天平（梅特勒-托利多仪器有限公司）。

燕麦油由广州中康食品有限公司提供；燕麦油提取物（常规方法提取）；燕麦油提取物（超临界提取）；无水硫酸钠（广州化学试剂厂）；甲醇（分析纯，广州化学试剂厂）；正己烷（Merck 公司，色谱级）；氢氧化钾（分析纯，广州化学试剂厂）；娃哈哈纯净水等。

1.2 实验方法[14]

1.2.1 供试品溶液的制备

分别精密称取不同提取方式的燕麦油 1.5 g，加入正己烷定容至 5 mL，摇匀使完全溶解，加入无水硫酸钠适量，静置，取上清液过 0.45 μm 的微孔滤膜，即得。

1.2.2 燕麦油脂肪酸甲酯样品的制备

分别称取 0.5 g 的不同提取方式的燕麦油于 150 mL 具塞锥形瓶中，加入 10 mL 正己烷，使之充分溶解，加入 10 mL、0.5 mol/L 的 KOH-CH_3OH 溶液，室温下振摇 2 min，室温静置 30 min，加水 10 mL 后振荡 4 min，取上清液过滤进样[15]。

1.3 GC-MS 色谱条件

GC 条件：Trace TR-5MS 毛细管柱（60 m×0.25 mm×0.25μm，Thermo Fisher Scientific），程序升温，柱温 180 ℃，不保持；以 8 ℃/min，升温到 200 ℃，保持 5 min；以 2 ℃/min，升温到 230 ℃，保持 5 min；以 5 ℃/min，升温到 280 ℃，保持 5 min。进样口温度：250 ℃；分流比：200:1；载气为氦气，流速为 1 mL/min。

MS 条件：EI 离子源，电子能量 70 eV，离子源温度 250 ℃，传输线温度 230 ℃，溶剂延迟 5.00 min，全扫描模式，扫描范围 25~500，进样量 1 μL[16,20]。

1.4 测定方法

精密吸取供试品溶液 1 μL，注入气相-质谱联用仪，并进行检测。

2 实验结果与分析

2.1 燕麦油超临界物结果分析

由表 1 可知从燕麦油超临界提取物中分离出了 16 种物质，占总峰面积的 64.26%，其中醇类有 7 种、酯类有 4 种、醛类有 3 种、酮类有 1 种、烃类有 1 种。其中醇类占总峰面积的 19.62%、酮类占总峰面积的 6.12%、酯类占总峰面积的 22.79%、醛类占总峰面积的 14.79%等。分析可知其中醇类和酯类物质的含量较多。

表 1 超临界 CO_2 流体萃取的燕麦油 GC-MS 成分分析结果

Table 1 Chemical components of the oat oil extract obtained by SFE

序号	保留时间/min	化合物名称	分子式	相对百分含量/%
1	5.38	6.9-顺式十五二烯醇	$C_{15}H_{28}O$	5.18
2	6.37	（Z）-9,17-十八碳二烯醛	$C_{18}H_{32}O$	2.43
3	6.63	顺-11-十六碳醛	$C_{16}H_{30}O$	9.35
4	6.76	十七烷酮	$C_{17}H_{34}O$	6.12
5	7.72	月桂醛	$C_{12}H_{24}O$	3.01
6	9.40	顺式-7,11-十六二烯-1-醇	$C_{16}H_{30}O$	1.41
7	10.32	顺式-7,11-十六二烯-1-醇	$C_{16}H_{30}O$	3.09
8	10.73	1,15-十五烷二醇	$C_{15}H_{32}O_2$	0.78
9	14.70	2-甲基-1-十一醇	$C_{12}H_{26}O$	5.14
10	15.37	2-甲基-1-十一醇	$C_{12}H_{26}O$	2.16
11	16.49	顺式-十八烷酸甲酯	$C_{19}H_{36}O_2$	0.73
12	17.69	2(3H)-Furanone,5-dodecyldihydro-	$C_{16}H_{30}O_2$	10.35
13	19.29	丁位十四内酯	$C_{14}H_{26}O_2$	10.26
14	29.53	十八烷酸内酯	$C_{18}H_{34}O_2$	1.45
15	34.38	顺式-9,10-环氧十八烷-1-醇	$C_{18}H_{36}O_2$	1.86
16	35.20	1-环己烷基壬烯	$C_{15}H_{28}$	0.94
		所占总峰面积之和%		64.26

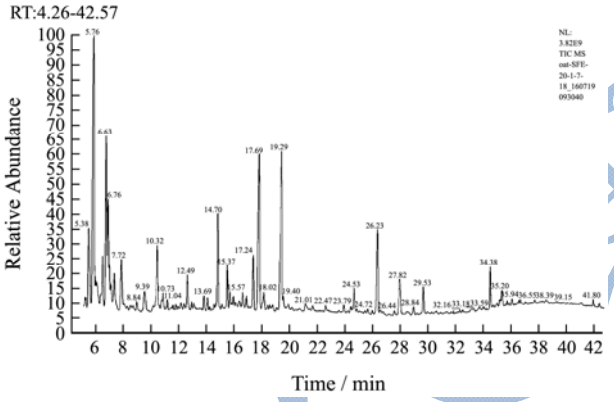


图 1 超临界 CO_2 流体萃取的燕麦油 GC/MS 总离子流色谱图

Fig.1 GC/MS total ion chromatogram of oat oil extract obtained by SFE

2.2 燕麦油提取物（常规方法提取）结果分析

表 2 为燕麦油常规提取物质谱结果，由表可知从燕麦油常规提取物种分离出了 6 种物质，占总峰面积的 82.7%，其中醇类 1 种、酰胺类 2 种，烃类 3 种。并且由表 2 我们还可以看出常规提取物分离出的物质中 N-(2-羟乙基)癸酰胺的含量最高，占总峰面积的 59.43%。

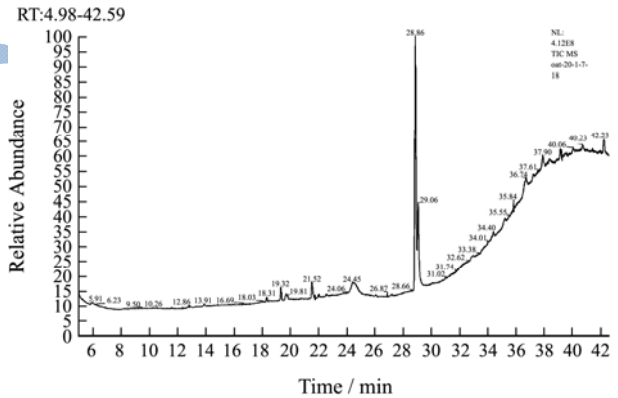


图 2 常规方法提取的燕麦油 GC/MS 总离子流色谱图

Fig.2 GC/MS total ion chromatogram of the oat oil extract obtained by the traditional extraction method

表 2 常规方法提取的燕麦油 GC-MS 成分分析结果

Table 2 Chemical components of the oat oil extract obtained by the traditional extraction method

序号	保留时间/min	化合物名称	分子式	相对百分含量/%
1	19.32	正二十烷	$C_{20}H_{42}$	2.34
2	21.52	十六酰胺乙醇	$C_{18}H_{37}NO_2$	3.65
3	28.86	N-（2-羟乙基）癸酰胺	$C_{12}H_{25}NO_2$	59.43
4	29.06	N-（2-羟乙基）辛酰胺	$C_{10}H_{21}NO_2$	12.52

转下页

接上页

5	39.15	2-甲基二十烷	$C_{21}H_{44}$	1.75
6	42.24	反式角鲨烯	$C_{30}H_{50}$	3.01
		所占总峰面积之和%		82.70

表 3 超临界 CO_2 流体萃取的燕麦油脂肪酸甲酯 GC-MS 分析结果

Table 3 Methyl esterification products of fatty acids in the oat oil extract obtained by SFE

序号	保留时间/min	化合物名称	分子式	相对百分含量/%
1	8.82	肉豆蔻酸甲酯	$C_{15}H_{30}O_2$	0.14
2	13.39	9-反式十二碳烯酸甲酯	$C_{13}H_{24}O_2$	0.06
3	13.91	棕榈酸甲酯	$C_{17}H_{34}O_2$	16.02
4	17.11	2-甲基十一烷酸	$C_{12}H_{24}O_2$	0.01
5	19.66	亚油酸甲酯	$C_{19}H_{34}O_2$	32.56
6	19.82	顺式-十八烷酸甲酯	$C_{19}H_{36}O_2$	47.80
7	19.95	亚麻酸甲酯	$C_{19}H_{32}O_2$	0.31
8	20.63	硬脂酸甲酯	$C_{19}H_{38}O_2$	1.48
9	27.86	9-反式十二碳烯酸甲酯	$C_{13}H_{24}O_2$	0.93
10	28.92	15-甲基棕榈酸甲酯	$C_{18}H_{36}O_2$	0.08
		所占总峰面积之和%		99.71

2.3 燕麦油超临界提取物甲酯化结果分析

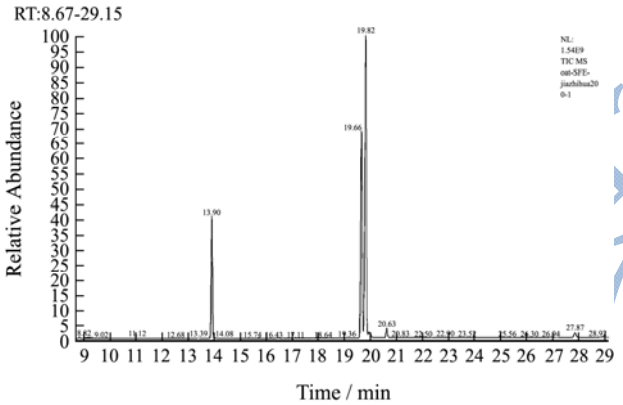


图 3 超临界 CO_2 流体萃取的燕麦油脂肪酸甲酯 GC/MS 总离子流色谱图

Fig.3 GC/MS total ion chromatogram of the methyl esterification products of fatty acids in the oat oil extract obtained by SFE

由表 3 可知燕麦油超临界提取物甲酯化产物中有 10 种物质被分离出来，其中被甲酯化的酸类有 9 种，不能被甲酯化的烃类有 1 种，并且亚油酸和顺式-十八烷酸的含量较高，分别占 32.56%和 47.80%。

2.4 燕麦油常规方法提取物甲酯化结果分析

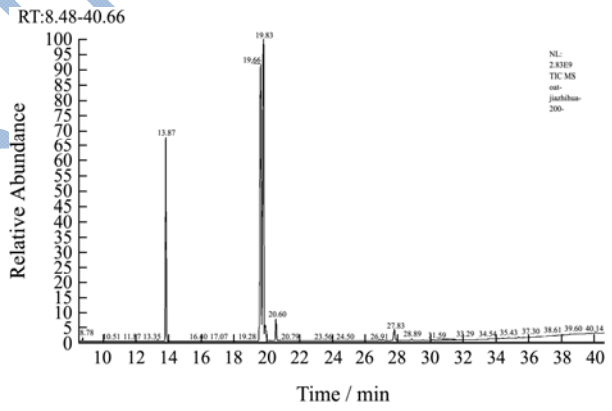


图 4 常规方法提取的燕麦油脂肪酸甲酯 GC/MS 总离子流色谱图

Fig.4 GC/MS total ion chromatogram of the methyl esterification products of fatty acids in oat oil extract obtained by the traditional extraction method

表 4 常规方法提取的燕麦油脂肪酸甲酯 GC-MS 分析结果

Table 4 Methyl esterification products of fatty acids in oat oil extract obtained by the traditional extraction method

序号	保留时间/min	化合物名称	分子式	相对百分含量/%
1	8.78	肉豆蔻酸甲酯	$C_{15}H_{30}O_2$	0.22
2	13.35	7-顺式棕榈油酸甲基酯	$C_{17}H_{32}O_2$	0.1
3	13.87	棕榈酸甲酯	$C_{17}H_{34}O_2$	18.68
4	17.07	十七酸甲酯	$C_{18}H_{36}O_2$	0.03

转下页

接上页

5	19.66	亚油酸甲酯	$C_{19}H_{34}O_2$	34.98
6	19.83	油酸甲酯	$C_{19}H_{36}O_2$	40.20
7	19.97	9-反式十二碳烯酸甲酯	$C_{13}H_{24}O_2$	1.21
8	20.60	硬脂酸甲酯	$C_{19}H_{38}O_2$	2.24
9	27.12	顺式-11-十六烯-1-醇	$C_{16}H_{32}O$	0.11
10	27.83	9-反式十二碳烯酸甲酯	$C_{13}H_{24}O_2$	1.53
11	28.89	花生酸甲酯	$C_{21}H_{42}O_2$	0.18
12	35.43	15-甲基棕榈酸甲酯	$C_{18}H_{36}O_2$	0.07
13	40.13	二十四酸甲酯	$C_{25}H_{50}O_2$	0.1
		所占总峰面积之和%		99.65

由表 4 可知燕麦油常规提取物甲酯化中共分离出 13 种物质，其中被酯化的酸类有 12 种，不能被甲酯化的烃类有 1 种。并且可以看出油酸、亚油酸和棕榈酸的含量较高，分别占 40.20%、34.98%和 18.68%。十七酸、15-甲基棕榈酸、7-顺式棕榈油酸、二十四酸、顺式-11-十六烯-1-醇和花生酸的含量较少。

3 讨论

醇、酮、酯和酰胺是燕麦原油中含量较多的物质，其中在常规提取物中分离出的成分主要是 N-(2-羟乙基)癸酰胺；在超临提取物中分离出的成分主要有醇、酮和酯，并且他们的含量几乎差不多，其中最先出峰的是醇类，其次是醛类、酮类，最后出峰的是酯类。并且在燕麦原油的常规提取和超临界提取物中分离出来的物质完全不相同；在燕麦甲酯化油中油酸、亚油酸、棕榈酸和顺式-十八烷酸是其分离出的主要成分，其中亚油酸和棕榈酸是燕麦甲酯化油常规提取物和超临界提取物中的主要共同成分，而油酸甲酯是常规提取物中特有的含量较多的成分，顺式-十八烷酸甲酯是超临界提取物中特有的含量较多的成分。

综合分析常规提取和超临界提取这两种方法，可以看出采用常规方法从燕麦油中提取出了 20 种成分，采用超临界提取的方法从燕麦油中提取出了 22 种成分。其中 N-(2-羟乙基)癸酰胺（59.43%）、亚油酸（34.98%）、油酸（40.20%）和棕榈酸（18.68%）是常规提取方法提取出的主要成分；亚油酸（32.56%）、顺式十八烷酸（47.80%）和棕榈酸（16.02%）是超临界提取方法提取出的主要成分。

4 结论

通过 GC-MS 分析，燕麦油超临界提取物中，与标准图谱数据库比对，共鉴定出 14 个化合物，占样品总量的 64.26%，主要有醇类、内酯类、醛类化合物；燕麦油常规提取物中，与标准图谱数据库比对，共鉴定出 6 个化合物，占样品总量的 82.70%，主要有 N-(2-羟乙基)癸酰胺（59.43%），N-(2-羟乙基)辛酰胺（12.52%）等；燕麦油超临界提取物甲酯化样品中，与标准图谱数据库比对，共鉴定出 10 个化合物，占样品总量的 99.71%，其中棕榈酸甲酯（16.02%），亚油酸甲酯（32.56%），顺式-十八烷酸甲酯（47.80%）等；燕麦油常规提取物甲酯化样品中，与标准图谱数据库比对，共鉴定出 12 个化合物，占样品总量的 99.65%，其中棕榈酸甲酯（18.68%），亚油酸甲酯（34.98%），油酸甲酯（40.20%）等。

综上所述，超临界提取法所得燕麦油与常规提取方法所得燕麦油甲酯化之后，二者均含有棕榈酸甲酯、亚油酸甲酯、肉豆蔻酸甲酯、硬脂酸甲酯和 15-甲基棕榈酸甲酯，且棕榈酸甲酯与亚油酸甲酯含量均较高，具体分析见表 5。

表 5 GC-MS 分析结果总结

Table 5 The summary of the analysis results by GC-MS

	化合物名称	分子式	相对百分含量/%			
			原油		甲酯化	
			常规提取物	超临界提取物	常规提取物	超临界提取物
1	6.9-顺式十五二烯醇	$C_{15}H_{28}O$	-	5.18	-	-
2	9,17-Octadecadienal, (Z)-	$C_{18}H_{32}O$	-	2.43	-	-
3	顺-11-十六碳醛	$C_{16}H_{30}O$	-	9.35	-	-

转下页

接上页

4	十七烷酮	$C_{17}H_{34}O$	-	6.12	-	-
5	月桂醛	$C_{12}H_{24}O$	-	3.01	-	-
6	顺式-7,11-十六二烯-1-醇	$C_{16}H_{30}O$	-	4.50	-	-
7	1,15-十五烷二醇	$C_{15}H_{32}O_2$	-	0.78	-	-
8	2-甲基-1-十一醇	$C_{12}H_{26}O$	-	7.30	-	-
9	顺式-十八烷酸甲酯	$C_{19}H_{36}O_2$	-	0.73	-	-
10	2(3H)-Furanone,5-dodecyldihydro-	$C_{16}H_{30}O_2$	-	10.35	-	-
11	丁位十四内酯	$C_{14}H_{26}O_2$	-	10.26	-	-
12	十八烷酸内酯	$C_{18}H_{34}O_2$	-	1.45	-	-
13	Cis-9,10-Epoxyoctadecan-1-ol	$C_{18}H_{36}O_2$	-	1.86	-	-
14	1-环己烷基壬烯	$C_{15}H_{28}$	-	0.94	-	-
15	正二十烷	$C_{20}H_{42}$	2.34	-	-	-
16	十六酰胺乙醇	$C_{18}H_{37}NO_2$	3.65	-	-	-
17	N-(2-羟乙基)癸酰胺	$C_{12}H_{25}NO_2$	59.43	-	-	-
18	N-(2-羟乙基)辛酰胺	$C_{10}H_{21}NO_2$	12.52	-	-	-
19	2-甲基二十烷	$C_{21}H_{44}$	1.75	-	-	-
20	反式角鲨烯	$C_{30}H_{50}$	3.01	-	-	-
21	肉豆蔻酸甲酯	$C_{15}H_{30}O_2$	-	-	0.22	0.14
22	9-反式十二烯酸甲酯	$C_{13}H_{24}O_2$	-	-	-	0.99
23	棕榈酸甲酯	$C_{17}H_{34}O_2$	-	-	18.68	16.02
24	2-甲基十一烷酸	$C_{12}H_{24}O_2$	-	-	-	0.01
25	亚油酸甲酯	$C_{19}H_{34}O_2$	-	-	34.98	32.56
26	顺式-十八烷酸甲酯	$C_{19}H_{36}O_2$	-	-	-	47.80
27	亚麻酸甲酯	$C_{19}H_{32}O_2$	-	-	-	0.31
28	Methyl 12-oxo-9-dodecenoate	$C_{13}H_{22}O_3$	-	-	-	0.32
29	硬脂酸甲酯	$C_{19}H_{38}O_2$	-	-	2.24	1.48
30	15-甲基棕榈酸甲酯	$C_{18}H_{36}O_2$	-	-	0.07	0.08
31	7-顺式棕榈油酸甲基酯	$C_{17}H_{32}O_2$	-	-	0.1	-
32	十七酸甲酯	$C_{18}H_{36}O_2$	-	-	0.03	-
33	油酸甲酯	$C_{19}H_{36}O_2$	-	-	40.20	-
34	9-反式十二碳烯酸甲酯	$C_{13}H_{24}O_2$	-	-	1.21	-
35	顺式-11-十六烯-1-醇	$C_{16}H_{32}O$	-	-	0.11	-
36	花生酸甲酯	$C_{21}H_{42}O_2$	-	-	0.18	-
37	二十四酸甲酯	$C_{25}H_{50}O_2$	-	-	0.1	-

参考文献

[1] Peterson D M, Wood D F. Composition and structure of high-oil oat [J]. Journal of Cereal Science, 1997, 26(1): 121-128

[2] Banas A, Debski H, Banas W, et al. Lipids in grain tissues of oat (*Avena sativa*): differences in content, time of deposition, and fatty acid composition [J]. Journal of Experimental Botany, 2007, 58(10): 2463-2470

[3] Zhou M X, Holmesl M G, Robards K, et al. Fatty acid composition of lipids of Australian oats [J]. Journal of Cereal Science,1998, 28(3): 311-319

[4] 刘影,董利.燕麦的营养成分与保健作用[J].中国食物与营养,2009,29(3):55-57
LIU Ying, DONG Li. Nutrition and health care function of oat [J]. Food and Nutrition in China, 2009, 29(3): 55-57

[5] 蔡红燕.燕麦油的提取、抗氧化活性及应用研究[D].武汉:武汉工业学院,2012
CAI Hong-yan. A study on the extraction, antioxidant activity and application of oat oil [D]. Wuhan: Wuhan Polytechnic

University, 2012

[6] 刘军海,裘爱泳,朱向菊.燕麦脂质及其应用[J].粮食与油脂,2003,5:19-20
LIU Jun-hai, QIU Ai-yong, ZHU Xiang-ju. Oat lipid and its applications [J]. Journal of Cereals & Oils, 2003, 5: 19-20

[7] 何文兵,韩舜愈,宋雪梅,等.超临界 CO_2 萃取燕麦麸油的工艺研究[J].甘肃农业大学学报,2007,42(3):102-105
HE Wen-bing, HAN Shun-yu, SONG Xue-mei, et al. Extraction of oat bran oil by supercritical CO_2 [J]. Journal of Gansu Agricultural University, 2007, 42(3): 102-105

[8] 屠兰英,黄梓平,赵启文,等.超临界 CO_2 萃取高原加拿大燕麦麸油技术研究[J].现代农业科技,2009,22:328-329
TU Lan-ying, HUANG Zi-ping, ZHAO Qi-wen, et al. Study on technology of extraction by supercritical CO_2 in plateau Canadian oat bran oil [J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2009, 22: 328-329

[9] Aroah, Jarvenpae, Konkok, et al. The characterisation of oat lipids produced by supercritical fluid technologies [J]. Journal of Cereal Science, 2007, 45(1): 116-119

[10] 任清,游思远,魏征,等.燕麦油的提取及精炼技术研究[J].安徽农业科学,2008,36(23):10188-10190
REN Qing, YOU Si-yuan, WEI Zheng, et al. Study on extraction and refining technology of oat oil [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2008, 36(23): 10188-10190

[11] Erazo-Castrejon S V, Doehlert D C D, Appolonia B L. Application of oat oil in bread baking [J]. Cereal Chem., 2001, 78(3): 243-248

[12] 蔡红燕,齐玉堂,刘英.燕麦油理化性质及成分分析[J].食品科学,2012,33(18):202-205
CAI Hong-yan, QI Yu-tang, LIU Ying, et al. Physio-chemical properties and component analysis of oat oil [J]. Food Science, 2012, 33(18): 202-205

[13] 刘翠,巩阿娜,刘丽,等.燕麦营养成分与加工制品现状研究进展[J].农产品加工月刊,2015,4:67-70
LIU Cui, GONG A-na, LIU Li, et al. Reviewed on the nutrient and processed products of oat [J]. Farm Products Processing, 2015, 4: 67-70

[14] 黄华,刘学文,王毅.燕麦主要成分提取方法研究进展[J].食品工业,2011,6:94-96
HUANG hua, LIU Xue-wen, WANG Yi. Research and prospects for extracting technology of oats main component [J]. The Food Industry, 2011, 6: 94-96

[15] 高忠东,刘森,李群,等.两种快速酯化方法分析燕麦中脂肪酸成分的比较试验[J].农产品加工:下,2015,9:53-55
GAO Zhong-dong, LIU Sen, LI Qun, et al. Analysis of fatty acids composition in oat using two rapid esterification methods [J]. Farm Products Processing, 2015, 9: 53-55

[16] 罗静,黄玉南,王超,等.4 份桃种质挥发性成分的 GC-MS 分析[J].经济林研究,2016,34(3):49-55
LUO Jing, HUANG Yu-nan, WANG Chao, et al. GC-MS analysis on volatile compounds in four cultivars of peach fruits [J]. Economic Forest Researches, 2016, 34(3): 49-55

[17] 王兆玉,郑家欢,林敬明,等.九里香不同部位挥发油成分 GC-MS 分析[J].中药材,2016,39(6):1323-1326
WANG Zhao-yu, ZHENG Jia-huan, LIN Jing-ming, et al. Analysis of volatile oil from different part of *Murraya exotica* L. by GC-MS [J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2016, 39(6): 1323-1326

[18] 涂勋良,阳姝婷,李亚波,等.8 个不同柠檬品种果皮香气成分的 GC-MS 分析[J].植物科学学报,2016,34(4):630-636
TU Xun-liang, YANG Shu-ting, LI Ya-bo, et al. Analysis of aromatic components from the peels of eight lemon varieties by GC-MS [J]. Plant Science Journal, 2016, 34(4): 630-636

[19] 郭学武,李园子,黄世永,等.GC-MS 测定白酒中氨基甲酸乙酯的不同预处理方法的比较[J].现代食品科技,2016,4:249-253
GUO Xue-wu, LI Yuan-zi, HUANG Shi-yong, et al. Effect of different pretreatments on ethyl carbamate extraction from liquor using gas chromatography-mass spectrometry [J]. Modern Food Science and Technology, 2016, 4: 249-253

[20] 张飞飞,李振兴,于文浩,等.腰果油成分的 GC-MS 定性分析[J].河南农业大学学报,2016,3:341-345
ZHANG Fei-fei, LI Zhen-xing, YU Wen-hao, et al. Quantitative analysis of the components of cashew oil by GC-MS [J]. Journal of Henan Agricultural University, 2016, 3: 341-345