

## 43份甘肃胡麻资源的脂肪及脂肪酸组成分析

李晓蓉<sup>1,2</sup>, 黄铮<sup>1,2</sup>, 徐美蓉<sup>1,2</sup>, 李婷<sup>1,2</sup>, 焦洁<sup>1,2</sup>, 赵玮<sup>3</sup>

(1. 甘肃省农业科学院畜草与绿色农业研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省农业科学院农业质量标准与检测技术研究所, 甘肃 兰州 730070; 3. 甘肃省农业科学院作物研究所, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 对甘肃地区43份胡麻资源的粗脂肪含量和脂肪酸各组分含量进行测定分析。结果表明, 来自甘肃地区的43份胡麻资源粗脂肪含量的变化范围为33.46~416.80 g/kg, 平均含量为207.72 g/kg, 变异系数为86.96%。其棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸、亚麻酸等不饱和脂肪酸的平均含量分别为58.60、49.80、272.80、144.80、478.30 g/kg, 各指标变异系数的变化范围为11.55%~98.10%, 其中以硬脂酸的变异系数最大, 亚麻酸的变异系数最小。综合分析认为, 胡麻中的脂肪酸含量由高到低依次为亚麻酸、油酸、亚油酸、棕榈酸、硬脂酸, 变异系数由高到低依次为硬脂酸、粗脂肪、油酸、棕榈酸、亚油酸、亚麻酸。

**关键词:** 胡麻; 脂肪; 脂肪酸; 组成分析; 甘肃地区

**中图分类号:** S563.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2021)02-0025-06

**doi:** 10.3969/j.issn.1001-1463.2021.02.007

## Analysis of Composition of Fat and Fatty Acid 43 Flax Resources from Gansu Province

LI Xiaorong<sup>1,2</sup>, HUANG Zheng<sup>1,2</sup>, XU Meirong<sup>1,2</sup>, LI Ting<sup>1,2</sup>, JIAO Jie<sup>1,2</sup>, ZHAO Wei<sup>3</sup>

(1. Animal Husbandry, Pasture and Green Agriculture Institute, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China; 2. Institute of Agricultural Quality Standards and Testing Technology, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China; 3. Institute of Crops, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu, 730070, China)

**Abstract:** The crude fat content and fatty acid component content of 43 flax resources in Gansu region were determined and analyzed. The results showed that the range of variation in crude fat content was from 33.46 g/kg to 416.80 g/kg, the average value was 207.72 g/kg, and the coefficient of variation was 86.96%. The average contents of the palmitic acid, stearic acid, oleic acid, linoleic acid and linolenic acid were 58.60, 49.80, 272.80, 144.80 and 478.30 g/kg, respectively. The range of variation of the unsaturated fatty acid was from 11.55% to 98.1% with the largest variation coefficient in stearic acid and the smallest one in linolenic acid. According to comprehensive analysis, the fatty acid content from high to low in turn for linolenic acid, oleic acid, linoleic acid, palmitic acid, stearic acid, coefficient of variation from high to low in turn for crude fat, stearic acid, oleic acid, palmitic acid, linoleic acid, linolenic acid.

**Key words:** Flax; Fat; Fatty acid; Composition analysis; Gansu region

胡麻(*Linum usitatissimum* L.)是我国西北 和华北地区重要的特色油料作物。近年来,

**收稿日期:** 2020-12-22

**基金项目:** 国家特色油料产业技术体系(CARS-14-1-05); 国家自然科学基金项目(31560347); 甘肃特色作物产业技术体系(胡麻岗位); 兰州市引进国外智力成果示范推广基地; 兰州市产学研合作基地。

**作者简介:** 李晓蓉(1963—), 女, 甘肃景泰人, 副研究员, 主要从事农产品、食品质量安全及检测技术研究工作。Email: 418148910@qq.com。

**通信作者:** 赵玮(1976—), 男, 甘肃景泰人, 副研究员, 主要从事胡麻抗逆育种工作。联系电话: (0931)7614943。

随着人民健康意识的增强和胡麻油营养成分的开发,胡麻油的保健作用越来越受到重视。胡麻油中脂肪酸含量高达 99.91%<sup>[1]</sup>,主要包括棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸和亚麻酸等 5 种脂肪酸。其中不饱和脂肪酸含量接近 90%,具有降低低密度脂蛋白胆固醇和甘油三酯、调节心脏功能、改善血液微循环、提高脑细胞的活性、增强记忆力和人体防御系统的功能等作用<sup>[2]</sup>,其功能比其他脂肪酸所无法取代的。最重要的是,胡麻油中的  $\alpha$ -亚麻酸含量高达 57%<sup>[3]</sup>,是植物中  $\alpha$ -亚麻酸的主要来源之一,有“植物中的深海鱼油”的美称。胡麻油含有丰富的亚麻酸和各种不饱和脂肪酸,具有预防心血管疾病、促进大脑发育等作用<sup>[4]</sup>。胡麻作为甘肃省主要经济作物之一,播种面积约 18 万  $\text{hm}^2$ ,占油料作物种植面积的 55%左右,具有耐瘠薄、喜凉爽、耐旱、耐寒、适应大陆性气候的特点。为了深入了解甘肃地区不同胡麻品种资源的脂肪及脂肪酸组分现状,为优良胡麻品种选育和种质创新提供科学依据,我们采用气相色谱法、索氏提取法对 43 份甘肃

地区胡麻品种资源的脂肪含量及脂肪酸含量进行了测定,通过分析胡麻油中粗脂肪及脂肪酸的组成和变异系数,以期为进一步评价胡麻不同资源在甘肃地区种植的品质变化趋势及胡麻品种选育和种质创新提供科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 仪器设备与试剂

供试仪器为安捷伦气相色谱仪[7820A,安捷伦科技(中国)有限公司],电子天平(精度 0.000 1 g, AL102 型,瑞士梅特勒仪器有限公司),电热鼓风干燥箱(DHG-9240A 型,上海恒一科学仪器有限公司)。

### 1.2 试验材料

1.2.1 种子来源 依托前期进行的甘肃省胡麻资源调查研究的基础,综合考量胡麻的产量等因素,在甘肃省内确定胡麻优良单株和品种资源共计 43 份,资源分布范围的地理位置为  $100.46^{\circ}\sim 107.33^{\circ}\text{E}$ 、 $34.08^{\circ}\sim 39.64^{\circ}\text{N}$ ,通过 GPS 轨迹记录仪标记资源坐标位置。供试材料信息见表 1。

1.2.2 分析试剂 37 种脂肪酸甲酯(美国

表 1 43 份供试胡麻资源信息

编号	资源名称	样品地理坐标	批次	采集地	样品提供单位
HM001	5-12-1	103.73° E 36.03° N	1	榆中	甘肃农业职业技术学院
HM002	96-167G	102.85° E 35.74° N	1	积石山	甘肃农业职业技术学院
HM003	200618-3	104.05° E 37.14° N	2	景泰	甘肃省农业科学院
HM004	陇亚10号(CK)	105.08° E 35.72° N	2	会宁	甘肃省农业科学院
HM005	2000-16	103.25° E 36.73° N	3	永登	甘肃农业职业技术学院
HM006	天亚9号	103.34° E 35.97° N	3	永靖	甘肃农业职业技术学院
HM007	2000-16	100.46° E 38.93° N	3	张掖甘州	甘肃农业职业技术学院
HM008	外3	103.44° E 35.87° N	4	永靖	甘肃省农业科学院
HM009	外6	104.09° E 35.87° N	4	榆中	甘肃省农业科学院
HM010	HL矮	103.76° E 36.02° N	4	兰州安宁	甘肃省农业科学院
HM011	HL中	102.85° E 34.74° N	4	积石山	甘肃省农业科学院
HM012	HL高	102.97° E 36.32° N	4	皋兰	甘肃省农业科学院
HM013	高亚麻酸(混)	103.25° E 35.73° N	4	永登	甘肃省农业科学院
HM014	陇亚8号	123.96° E 36.33° N	5	皋兰	定西市农业科学研究所
HM015	9622-5-6-3-5	105.71° E 36.54° N	5	靖远	定西市农业科学研究所
HM016	2000-5-12-1	104.05° E 38.14° N	6	景泰	甘肃农业职业技术学院

续表 1

编号	资源名称	样品地理坐标	批次	采集地	样品提供单位
HM017	98036	103.83° E 37.72° N	6	积石山	甘肃农业职业技术学院
HM018	200618-3	104.73° E 36.03° N	6	兰州安宁	甘肃农业职业技术学院
HM019	2000-16	105.04° E 37.15° N	6	景泰	甘肃农业职业技术学院
HM020	陇亚 12 号	103.35° E 36.96° N	7	永靖	甘肃省农业科学院
HM021	蓉露元一级亚麻籽	106.07° E 35.71° N	7	会宁	甘肃省农业科学院
HM022	普通黄金亚麻籽	103.74° E 35.01° N	7	兰州安宁	甘肃省农业科学院
HM023	2004M1-15-1-1-1	103.84° E 34.42° N	8	民乐	甘肃农业职业技术学院
HM024	M1-15-1-1-1	102.71° E 36.54° N	9	靖远	甘肃省农业科学院
HM035	0559-15	100.88° E 36.43° N	10	民乐	定西市农业科学研究所
HM026	定亚 23 号	101.71° E 34.54° N	10	靖远	定西市农业科学研究所
HM027	定亚 24 号	102.31° E 36.94° N	10	永靖	定西市农业科学研究所
HM028	2010-28-7	105.04° E 34.21° N	11	景泰	甘肃农业职业技术学院
HM029	2010-44-1	106.87 E 34.08° N	11	庆阳西峰	甘肃农业职业技术学院
HM030	2012-157-4-7	105.05° E 39.14° N	11	景泰	甘肃农业职业技术学院
HM031	2003-103-12-2	102.32° E 33.77° N	11	永靖	甘肃农业职业技术学院
HM032	2014-102-5	104.06° E 39.20° N	11	景泰	甘肃农业职业技术学院
HM033	2007-24-18-2	103.29° E 38.74° N	11	山丹	甘肃农业职业技术学院
HM034	2013-10-6	103.08° E 38.62° N	11	民勤	甘肃农业职业技术学院
HM035	2013-9-1-1	101.07° E 36.65° N	11	山丹	甘肃农业职业技术学院
HM036	2012-14-6-4-2	105.11° E 36.67° N	11	榆中	甘肃农业职业技术学院
HM037	陇亚 13 号	102.83° E 37.36° N	11	永昌	甘肃农业职业技术学院
HM038	99012-3	107.33° E 36.57° N	12	环县	甘肃省农业科学院
HM039	200617-8	104.19° E 36.34° N	12	榆中	甘肃省农业科学院
HM040	0523-2-1-3	107.33° E 36.57° N	13	环县	定西市农业科学研究所
HM041	0818-6-13	104.70° E 36.49° N	13	靖远	定西市农业科学研究所
HM042	9894-4	101.46° E 39.44° N	14	张掖甘州	张掖市农业科学研究所
HM043	988-1	104.16° E 39.64° N	15	民勤	张掖市农业科学研究所

产)、氢氧化钠(分析纯)、甲醇(色谱纯)、石油醚(分析纯)等。

### 1.3 试验方法

脂肪按照 GB5009.6—2016《食品中脂肪的测定》方法提取与测定。脂肪酸组分测定按照 GB5009.168—2016《食品中脂肪酸的测定》的方法,脂肪酸通过与脂肪酸甲酯标准品保留时间比较鉴定,采用面积归一法计算组分相对含量<sup>[5-9]</sup>。

胡麻样品的甲酯化程度由所采用的甲酯

化试剂决定,准确称取经处理好的胡麻样品,加入 2 mL 的 0.4 mol/L 甲醇-氢氧化钠溶液,摇匀经甲酯化反应后澄清,澄清后吸取上清液 2 mL 上机测试。各组分依其在色谱柱中滞留的时间按峰面积归一化法作定量计算。溶液如图 1 所示,自第 3 个峰在 16.772 min 起出现的色谱峰依次代表棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸、亚麻酸,且亚麻酸含量最高。

色谱条件:采用 FID 检测器,ATFFAP

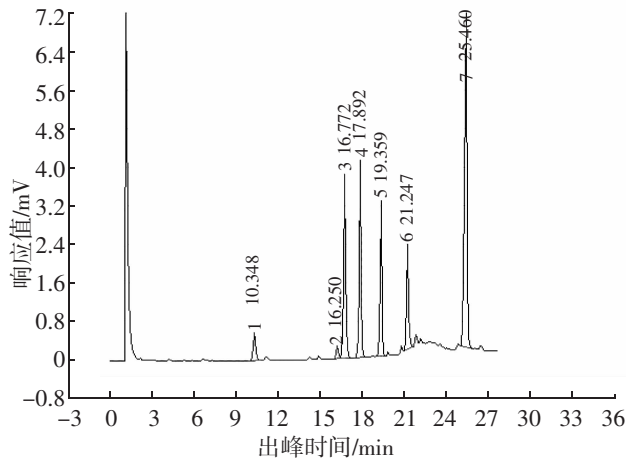


图 1 胡麻脂肪酸组分气相色谱分析图谱

色谱柱(30 m × 320 mm × 0.33 μm), 进样口温度为 255 °C; 分流比为 50 : 1; 柱流速 2 mL/min, 恒流模式; FID 温度为 300 °C, H<sub>2</sub> 流速为 40 mL/min; 空气流速 400 mL/min; 尾吹气(N<sub>2</sub>)流速为 25 mL/min; 柱温程序为 215 °C 恒温 8 min。2 次重复。

#### 1.4 数据分析

数据整理与统计分析采用 Excel 2010、SPSS19.0 软件。

## 2 结果与分析

### 2.1 棕榈酸含量

从表 2、表 3 可以看出, 棕榈酸含量的变化范围为 47.20 ~ 95.20 g/kg, 平均为 58.60 g/kg, 变异系数为 15.63%。其中天亚 9 号、陇亚 8 号、5-12-1、定亚 23 号、2004M1-15-1-1-1 位列前 5 位, 依次为 95.20、88.30、68.10、65.93、65.10 g/kg。HL 矮、2000-16(HM005)、2000-16(HM007)、2000-16(HM019)、高亚麻酸(混)的棕榈酸含量位列最后 5 位, 依次为 50.00、47.40、47.40、47.40、47.20 g/kg。

### 2.2 硬脂酸含量

从表 2、表 3 可以看出, 硬脂酸含量的变化范围为 10.60 ~ 349.60 g/kg, 平均为 49.80 g/kg, 变异系数为 98.10%。其中 5-12-1、定亚 24 号、200617-8、99012-3、2013-10-6 位列前 5 位, 依次为 349.60、73.04、

67.50、59.00、58.50 g/kg; 外 3、陇亚 8 号、HL 高、HL 矮、天亚 9 号位列后 5 位, 依次为 26.00、16.80、14.40、10.80、10.60 g/kg。

### 2.3 油酸含量

从表 2、表 3 可以看出, 油酸含量的变化范围为 111.80 ~ 377.70 g/kg, 平均为 272.80 g/kg, 变异系数为 19.23%。HL 矮、高亚麻酸(混)、2012-14-6-4-2、HL 中、HL 高位列前 5 位, 依次为 377.70、365.50、353.60、351.70、330.70 g/kg; 2000-16(HM005)、2000-16(HM007)、2000-16(HM019)、蓉露元黄金亚麻籽、普通黄金亚麻籽位列后 5 位, 依次为 217.20、207.20、207.20、170.30、111.80 g/kg。

### 2.4 亚油酸含量

从表 2、表 3 可以看出, 亚油酸含量的变化范围为 109.20 ~ 193.40 g/kg, 平均为 144.80 g/kg, 变异系数为 12.43%。外 3、外 6、0559-15、2004M1-15-1-1-1、200618-3(HM003)、200618-3(HM018)含量位列前 6 位, 依次为 193.40、184.60、166.30、164.30、163.40、163.40 g/kg; 蓉露元黄金亚麻籽、2003-103-12-2、2012-14-6-4-2、2010-28-7、定亚 23 号位列后 5 位, 依次为 118.60、116.20、114.60、114.20、109.20 g/kg。

### 2.5 亚麻酸含量

从表 2、表 3 可以看出, 亚麻酸含量的变化范围为 400.00 ~ 680.50 g/kg, 平均为 478.30 g/kg, 变异系数为 11.55%。普通黄金亚麻籽、蓉露元黄金亚麻籽、0523-2-1-3、2000-16(HM005)、2000-16(HM007)、2000-16(HM019)含量位列前 6 位, 依次为 680.50、616.60、539.90、538.30、538.30、538.30 g/kg; 外 6、HL 中、外 3、高亚麻酸(混)、HL 矮位列后 5 位, 依次为 415.00、410.90、408.70、408.00、400.00 g/kg。

### 2.6 粗脂肪含量

从表 2、表 3 可以看出, 粗脂肪含量



表 2 43 份胡麻资源品质测试结果

编号	资源名称	棕榈酸 /(g/kg)	硬脂酸 /(g/kg)	油酸 /(g/kg)	亚油酸 /(g/kg)	亚麻酸 /(g/kg)	粗脂肪 <sup>①</sup> /(g/kg, 干基)
HM001	5-12-1	68.10	349.60	281.30	140.60	455.40	400.50
HM002	96-167G	56.50	55.60	246.40	144.40	478.90	383.10
HM003	200618-3	50.40	34.10	267.00	163.40	485.00	416.80
HM004	陇亚10号(CK)	54.20	38.60	277.80	132.10	497.20	405.40
HM005	2000-16	47.40	44.60	207.20	162.60	538.30	401.80
HM006	天亚9号	95.20	10.60	293.20	156.20	444.80	385.10
HM007	2000-16	47.40	44.60	207.20	162.60	538.30	401.80
HM008	外3	54.10	26.00	317.70	193.40	408.70	408.07
HM009	外6	50.50	26.80	323.10	184.60	415.00	384.26
HM010	HL矮	50.00	10.80	377.70	151.60	400.00	383.24
HM011	HL中	54.40	26.50	351.70	156.50	410.90	381.65
HM012	HL高	56.30	14.40	330.70	162.90	435.80	385.02
HM013	高亚麻酸(混)	47.20	35.00	365.50	144.30	408.00	376.53
HM014	陇亚8号	88.30	16.80	222.20	147.70	524.90	385.70
HM015	9622-5-6-3-5	60.35	53.36	255.86	137.50	489.00	396.10
HM016	2000-5-12-1	62.38	51.66	308.50	136.78	440.67	397.80
HM017	98036	63.24	45.36	293.48	131.66	466.25	394.20
HM018	200618-3	50.40	34.10	267.00	163.40	485.00	416.80
HM019	2000-16	47.40	44.60	207.20	162.60	538.30	401.80
HM020	蓉露元黄金亚麻籽	55.40	39.20	170.30	118.60	616.60	
HM021	陇亚12号	61.90	49.20	238.10	138.20	513.80	
HM022	普通黄金亚麻籽	50.30	26.40	111.80	131.30	680.50	
HM023	2004M1-15-1-1-1	65.10	37.20	217.20	164.30	515.20	39.43
HM024	M1-15-1-1-1	62.10	54.40	262.30	139.40	481.80	37.16
HM025	0559-15	63.30	52.20	235.90	166.30	482.20	39.40
HM026	定亚23号	65.93	56.59	283.15	109.20	485.20	34.69
HM027	定亚24号	59.67	73.04	270.69	143.03	453.57	33.46
HM028	2010-28-7	61.30	48.50	248.40	114.20	527.50	37.98
HM029	2010-44-1	63.40	45.50	313.30	135.70	442.00	38.99
HM030	2012-157-4-7	60.80	48.70	267.70	154.60	468.20	37.85
HM031	2003-103-12-2	57.80	52.50	328.00	116.20	445.50	41.30
HM032	2014-102-5	56.20	39.30	288.90	139.40	476.20	38.29
HM033	2007-24-18-2	57.00	54.80	282.80	141.70	463.70	37.32
HM034	2013-10-6	58.00	58.50	307.00	130.50	446.10	40.40
HM035	2013-9-1-1	60.90	46.30	263.40	139.10	490.40	39.16
HM036	2012-14-6-4-2	56.00	49.10	353.60	114.60	426.60	38.88
HM037	陇亚13号	60.80	43.10	275.70	126.40	494.00	41.75
HM038	99012-3	57.50	59.00	278.60	138.80	434.20	37.92
HM039	200617-8	58.30	67.50	303.10	138.40	425.80	38.36
HM040	0523-2-1-3	54.00	45.00	223.50	134.50	539.90	36.82
HM041	0818-6-13	56.30	44.50	317.20	153.40	420.40	38.44
HM042	9894-4	57.50	46.40	259.80	148.00	471.90	37.82
HM043	988-1	55.30	40.80	230.10	155.10	505.60	37.78

①蓉露元黄金亚麻籽、陇亚12号、普通黄金亚麻籽粗脂肪含量未进行测定。

表 3 43 种胡麻资源脂肪和脂肪酸含量变异分析

指标	棕榈酸 /(g/kg)	硬脂酸 /(g/kg)	油酸 /(g/kg)	亚油酸 /(g/kg)	亚麻酸 /(g/kg)	粗脂肪 /(g/kg 干基)
最大值	95.20	349.60	377.70	193.40	680.50	416.80
最小值	47.20	10.60	111.80	109.20	400.00	33.46
平均值	58.60	49.80	272.80	144.80	478.30	207.72
标准差	9.20	48.80	52.50	18.00	55.20	180.63
变异系数/%	15.63	98.10	19.23	12.43	11.55	86.96

的变化范围为 33.46 ~ 416.80 g/kg, 平均为 207.72 g/kg, 变异系数为 86.96%。200618-3 (HM003)、200618-3(HM018)、外 3、陇亚 10 号(CK)、2000-16 位列最前 5 位, 依次为 416.80、416.80、408.07、405.40、401.8 g/kg; 2007-24-18-2、M1-15-1-1-1、0523-2-1-3、定亚 23 号、定亚 24 号位列后 5 位, 依次为 37.32、37.16、36.82、34.69、33.46 g/kg。

### 3 结论

对征集的 43 份胡麻资源进行其脂肪及脂肪酸含量测定, 结果表明, 参试各胡麻资源的粗脂肪平均含量为 207.72 g/kg, 变异系数为 86.96%, 其中以 200618-3(HM003)最高, 为 416.80 g/kg。棕榈酸平均含量为 58.60 g/kg, 变异系数为 15.63%, 以天亚 9 号最高, 为 95.20 g/kg; 硬脂酸平均含量为 49.80 g/kg, 变异系数为 98.10%, 以 5-12-1 最高, 为 349.60 g/kg; 油酸平均含量为 272.80 g/kg, 变异系数为 19.23%, 以 HL 矮最高, 为 377.70 g/kg; 亚油酸平均含量为 144.80 g/kg, 变异系数为 12.43%, 以外 3 最高, 为 193.40 g/kg; 亚麻酸平均含量为 478.30 g/kg, 变异系数为 11.55%, 以普通黄金亚麻籽最高, 为 680.50 g/kg。综合分析, 胡麻中的脂肪酸含量由高到低依次为亚麻酸、油酸、亚油酸、棕榈酸、硬脂酸, 变异系数由高到低依次为硬脂酸、粗脂肪、油酸、棕榈酸、亚油酸、亚麻酸。可见, 甘肃地区的 43 份胡麻资源样品的特色明显, 可作为高

脂肪、高亚麻酸资源利用, 为甘肃省胡麻特色油脂资源的开发利用和良种选育提供科学依据。

### 参考文献:

- [1] 王映强, 赖炳森, 颜晓林, 等. 亚麻子油中脂肪酸组成分析[J]. 药物分析杂志, 1998 (3): 33-37.
- [2] 王 萍, 张银波, 江木兰. 多不饱和脂肪酸的研究进展[J]. 中国油脂, 2008, 33(12): 42-46.
- [3] 张海满. 亚麻酸的功能、资源及生产方法[J]. 中国油脂, 2000, 25(6): 192.
- [4] 胡晓军. 降脂植物油—胡麻油的研究进展[J]. 西部粮油科技, 2001, 26(4): 17.
- [5] 王江蓉, 周建平, 刘 荣, 等. 毛细管气相色谱法测定植物油脂肪酸组成初探[J]. 中国卫生检验杂志, 2005, 15(5): 84-87.
- [6] 可成友, 吴晓芳. 不饱和脂肪酸的气相色谱法同时测定[J]. 中国油脂, 1992, 17(2): 528-530.
- [7] 张海满, 张志强, 纪兰菊. 气相色谱 / 质谱法分析胡麻油及提取物中脂肪酸[J]. 青海师范大学学报, 2005(2): 32-35.
- [8] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理局. 食品安全国家标准 食品中脂肪酸的测定: GB 5009.168—2016 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [9] 范文洵.  $\alpha$ -亚麻酸及其代谢产物 EPA 和 DHA[J]. 生理科学进展, 1988, 19(2): 110-113.

(本文责编: 郑立龙)