

不同地区油菜籽脂肪酸组成及含量

彭星星¹, 高海军¹, 尹成华²

(1. 河南省粮油饲料产品质量监督检验中心, 郑州 450004; 2. 河南省粮食科学研究所有限公司, 郑州 450004)

摘要:采用气相色谱法对不同地区多个品种油菜籽的脂肪酸组成及含量进行分析。结果表明:不同地区各油菜籽品种所含脂肪酸组成基本相同,均含有17种脂肪酸,脂肪酸种类比较丰富;油菜籽中含量较多的脂肪酸有油酸、芥酸、亚油酸、亚麻酸和花生一烯酸,各品种油菜籽间油酸、芥酸和花生一烯酸含量差异较大,亚油酸和亚麻酸含量差异较小;杂交、丰油10号和杂双5号油菜籽可作为丰富的油酸、亚油酸来源,博优6号和皖油13油菜籽可作为丰富的花生一烯酸来源,南阳红、秦优9号、花菜子和四月红油菜籽可作为丰富的芥酸来源,杂双5号油菜籽可作为低芥酸菜籽油的原料来源;种植土壤对杂交油菜籽脂肪酸含量影响较大,而丰油10号油菜籽脂肪酸含量不受种植土壤的影响,无论是杂交油菜籽还是丰油10号油菜籽,在相同种植土壤条件下,即使来自不同地区,同品种油菜籽脂肪酸含量均无明显差异。

关键词:油菜籽;品种;脂肪酸组成;不同地区

中图分类号:TS222+.1;TS227 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2021)10-0110-06

Fatty acid composition and content of rapeseed from different areas

PENG Xingxing¹, GAO Haijun¹, YIN Chenghua²

(1. Henan Center for Supervision and Inspection of Grain, Oil and Feed Product Quality, Zhengzhou 450004, China; 2. Henan Institute of Food Science Co., Ltd., Zhengzhou 450004, China)

Abstract: The fatty acid composition and content of rapeseed in different areas was detected by GC. The results showed that the fatty acid composition of the rapeseed varieties in different areas was basically the same, which contained 17 fatty acids, and the types of fatty acids were relatively rich. The rapeseed was rich in oleic acid, erucic acid, linoleic acid, linolenic acid and eicosenoic acid. The contents of oleic acid, erucic acid and eicosenoic acid were quite different and the contents of linoleic acid and linolenic acid were less different. The Zajiao, Fengyou No. 10 and Zashuang No. 5 rapeseed could be used as rich sources of oleic acid and linoleic acid. Boyou No. 6 and Wanyou No. 13 rapeseed could be used as rich sources of eicosenoic acid. Nanyanghong, Qinyou No. 9, Huacaizi and Siyuehong rapeseed could be used as rich sources of erucic acid. Zashuang No. 5 rapeseed could be used as a source of raw material for canola oil. The planting environment would affect the fatty acid content of Zajiao rapeseed. The fatty acid content of Fengyou No. 10 rapeseed was not affected by the growing environment. For Zajiao rapeseed and Fengyou No. 10 rapeseed, there was no significant difference between the same varieties of rapeseed coming from different areas in fatty acid content as long as the planting environment was the same.

Key words: rapeseed; variety; fatty acid composition; different areas

收稿日期:2020-12-02;修回日期:2021-06-28

基金项目:现代农业产业技术体系建设专项资金(CARS-03)

作者简介:彭星星(1989),女,工程师,硕士,主要从事粮油食品检验工作(E-mail)568464200@qq.com。

通信作者:尹成华,教授级高级工程师(E-mail)yinchenghua123@sina.com。

油菜籽作为世界范围内重要的油料作物,是仅次于大豆、花生的植物油脂第三大来源^[1]。油菜籽的主要成分如油脂、蛋白质、磷脂、纤维素等物质可广泛应用于食品、医药及化工等领域^[2]。菜籽油中饱和脂肪酸含量低,油酸含量高,而且人体对菜籽油的消化吸收率较高^[3]。菜籽油中富含对人体有益

的油酸、亚油酸,能减少高血脂的发生,且具有缓解血液中过量的胆固醇,阻止动脉粥样硬化等功能^[4-6]。菜籽油中特有的芥酸及其衍生物的工业用途的重要性也越来越突出,可用于制备润滑剂、表面活性剂和塑料助剂等,被誉为21世纪的原料^[7]。

现有文献对菜籽油的研究主要集中在油菜籽制油等技术上,如:刘昌盛^[8]对冷榨菜籽油低温精炼技术及其品质特性进行了研究;尹亚军等^[9-10]对油菜籽成熟过程中主要营养成分及主要脂肪酸的变化进行了研究;张鑫等^[11]介绍了油菜产业中的绿色加工技术以及副产物利用的研究进展。鲜有文献对不同地区不同品种油菜籽及同一品种不同种植土壤下油菜籽中脂肪酸组成及含量的差异性进行研究。

为了研究不同地区、不同种植土壤及不同品种油菜籽间脂肪酸组成及含量的差异性,本试验选取了来自河南省不同地区的12个品种油菜籽作为样品,采用气相色谱法测定其脂肪酸组成及含量。通过对不同地区不同品种及同一品种不同种植土壤下油菜籽脂肪酸组成及含量的研究,以期为企业在加工过程中根据实际需求选择适宜产地的油菜籽提供数据支持,从而提高油菜籽的利用率,同时也为油菜籽种植户根据当地种植土壤选择合适的油菜籽品种提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

油菜籽样品来源地区、种植土壤及品种如表1所示。

表1 油菜籽样品的来源地区、种植土壤及品种

来源地区	种植土壤及品种
信阳市	种植在黄土中的南阳红、秦优9号、杂交、苦菜、博优6号、花菜子油菜籽
	种植在黑土中的四月红油菜籽
	种植在黄沙土中的杂交油菜籽
南阳市	种植在砂质土中的皖油13油菜籽
	种植在黄黏质土中的中油821油菜籽
	种植在黑黏质土中的远达928油菜籽
	种植在黄土中的杂交油菜籽 分别种植在沙土和岗地中的丰油10号油菜籽
固始县	种植在黄沙土中的杂交油菜籽
	种植在丘陵中的杂双5号油菜籽
	分别种植在沙土和岗地中的丰油10号油菜籽

石油醚(沸程30~60℃),甲醇(色谱纯),异辛

烷(色谱纯),硫酸氢钠,氢氧化钾,蒸馏水。

实验室用组织粉碎机,电子天平,SOX606脂肪测定仪,安捷伦7890A气相色谱仪,DB-FFAP毛细管柱。

1.2 试验方法

1.2.1 样品的处理^[12]

将18个油菜籽样品粉碎过0.45 mm筛,备用。

称取5 g油菜籽粉,放入滤纸筒内,滤纸筒上方塞少量脱脂棉,将滤纸筒插入滤纸筒托架内,向溶剂杯内加入120 mL石油醚,选择索氏标准抽提模式提取6 h,提取出的粗脂肪存留于溶剂杯中。

吸取3滴提取的油样至具塞试管中,加入2 mL石油醚-无水乙醚混合溶液(体积比1:1),涡旋振荡,待油样溶解后再加入1 mL 0.5 mol/L氢氧化钾甲醇溶液,涡旋混匀,沿管壁加2 mL水,涡旋1 min后静置分层,取上层溶液待测。

1.2.2 气相色谱分析菜籽油脂肪酸组成

气相色谱分析条件:DB-FFAP毛细管柱(30 m×0.53 mm×0.50 μm);进样器温度240℃;检测器温度250℃;升温程序为初始温度190℃,保持26 min,然后以20℃/min的速率升到210℃,保持20 min;载气为氮气,流速5 mL/min;氢气流速60 mL/min,空气流速400 mL/min;进样量0.1 μL,不分流进样。脂肪酸含量采用面积归一化法定量。

2 结果与分析

2.1 不同地区油菜籽脂肪酸组成及含量

不同地区各品种油菜籽中脂肪酸组成及含量如表2所示。

由表2可知,18个油菜籽样品共检测出17种脂肪酸,其中饱和脂肪酸7种,单不饱和脂肪酸6种,多不饱和脂肪酸4种。不同地区各品种油菜籽脂肪酸组成情况如表3所示。

由表3可知,油菜籽中含量较多的脂肪酸有油酸、芥酸、亚油酸、亚麻酸和花生一烯酸。油菜籽中油酸平均含量为39.72%,变异系数为44.93%,说明各油菜籽品种间油酸含量差异较大;芥酸平均含量为21.01%,变异系数为83.26%,说明各油菜籽品种间芥酸含量差异较大;亚油酸平均含量为15.17%,变异系数为14.70%,说明各油菜籽品种间亚油酸含量差异不大;亚麻酸平均含量为8.59%,变异系数为7.09%,说明各油菜籽品种间亚麻酸含量没有明显差异;油菜籽中花生一烯酸平均含量为7.68%,变异系数为54.87%,说明各油菜籽品种间花生一烯酸含量差异较大。

表2 不同地区各品种油菜籽中脂肪酸组成及含量

%

脂肪酸	信阳市								南阳市
	黄土						黄沙土	黑土	砂质土
	南阳红	秦优9号	花菜子	杂交	苦菜	搏优6号	杂交	四月红	皖油13
C14:0	0.04	0.04	0.04	0.06	0.06	0.04	0.05	0.04	0.05
C16:0	1.82	1.82	1.71	3.86	3.02	3.14	3.38	1.89	3.32
C16:1	0.21	0.20	0.21	0.30	0.33	0.24	0.27	0.22	0.29
C17:0	ND	ND	ND	0.04	0.05	0.04	0.04	ND	0.04
C17:1	0.05	0.05	0.05	0.07	0.06	0.07	0.08	0.06	0.08
C18:0	0.83	0.83	0.85	1.55	1.22	1.48	1.11	0.84	1.46
C18:1	15.88	15.66	15.87	53.80	23.66	37.28	33.80	15.40	30.23
C18:2	12.13	12.14	12.18	16.18	15.93	13.00	16.00	12.18	12.96
C18:3	8.66	8.65	8.83	8.36	10.43	8.73	9.00	8.68	7.56
C20:0	0.70	0.71	0.75	0.59	0.74	0.76	0.54	0.72	0.83
C20:1	7.77	7.76	7.82	6.71	6.51	15.30	11.84	7.97	15.08
C20:2	0.43	0.43	0.42	0.18	0.66	0.38	0.44	0.44	0.43
C22:0	0.68	0.69	0.52	0.24	0.37	0.30	0.26	0.68	0.34
C22:1	48.08	48.16	47.95	7.27	33.33	18.08	21.75	48.05	25.73
C22:2	0.69	0.73	0.68	0.05	0.87	0.18	0.20	0.71	0.19
C24:0	0.27	0.28	0.28	0.15	0.38	0.15	0.15	0.28	0.15
C24:1	1.22	1.24	1.20	0.26	1.37	0.46	0.66	1.21	0.65

脂肪酸	南阳市					固始县			
	沙土	黄黏质土	黑黏质土	黄土	岗地	黄沙土	沙土	岗地	丘陵
	丰油10号	中油821	远达928	杂交	丰油10号	杂交	丰油10号	丰油10号	杂双5号
C14:0	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C16:0	4.05	3.68	3.40	3.85	3.98	3.41	4.08	3.96	4.05
C16:1	0.32	0.29	0.28	0.28	0.29	0.27	0.31	0.30	0.30
C17:0	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04
C17:1	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08
C18:0	1.51	1.57	1.37	1.56	1.60	1.13	1.52	1.58	1.60
C18:1	60.70	47.29	35.09	53.81	60.00	33.65	60.71	60.02	62.10
C18:2	17.89	15.47	13.98	16.15	17.60	16.05	17.87	17.62	17.73
C18:3	8.56	8.22	7.52	8.38	8.51	9.00	8.58	8.49	8.44
C20:0	0.53	0.64	0.71	0.57	0.51	0.54	0.53	0.52	0.48
C20:1	2.65	8.66	11.81	6.70	2.49	11.82	2.64	2.48	2.31
C20:2	0.10	0.27	0.37	0.19	0.10	0.44	0.10	0.10	0.09
C22:0	0.22	0.28	0.33	0.24	0.22	0.28	0.21	0.23	0.20
C22:1	2.61	12.44	23.60	7.25	3.80	21.77	2.59	3.82	1.93
C22:2	ND	0.13	0.20	0.05	0.04	0.21	ND	0.04	ND
C24:0	0.13	0.15	0.15	0.15	0.14	0.14	0.13	0.14	0.13
C24:1	0.18	0.38	0.56	0.27	0.21	0.66	0.18	0.20	0.16

注:ND表示含量小于0.04%。

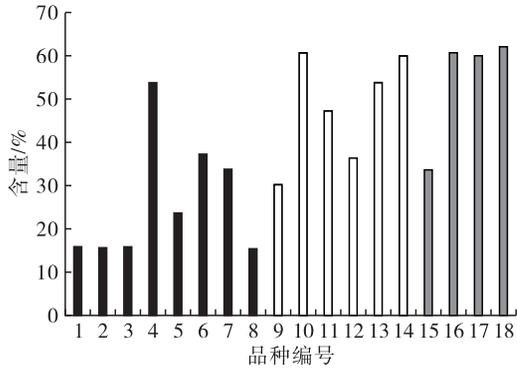
表3 不同地区各品种油菜籽脂肪酸组成情况

%

脂肪酸	含量范围	平均值	标准偏差	变异系数	脂肪酸	含量范围	平均值	标准偏差	变异系数
C14:0	0.04~0.06	0.05	0.01	13.84	C20:0	0.48~0.83	0.63	0.11	17.16
C16:0	1.71~4.08	3.25	0.85	26.28	C20:1	2.31~15.30	7.68	4.22	54.87
C16:1	0.20~0.33	0.27	0.04	14.65	C20:2	0.09~0.66	0.31	0.17	55.13
C17:0	ND~0.05	0.03	0.02	56.16	C22:0	0.20~0.69	0.35	0.17	48.98
C17:1	0.05~0.08	0.07	0.01	15.98	C22:1	1.93~48.16	21.01	17.49	83.26
C18:0	0.83~1.60	1.31	0.30	22.96	C22:2	ND~0.87	0.28	0.30	110.34
C18:1	15.40~62.10	39.72	17.85	44.93	C24:0	0.13~0.38	0.19	0.08	40.38
C18:2	12.13~17.89	15.17	2.23	14.70	C24:1	0.16~1.37	0.62	0.44	71.39
C18:3	7.52~10.43	8.59	0.61	7.09					

2.2 不同地区各油菜籽品种间主要脂肪酸含量对比

不同地区各油菜籽品种间油酸、亚油酸、亚麻酸、花生一烯酸和芥酸含量对比如图1~图5所示。



注:1. 南阳红;2. 秦优9号;3. 花菜子;4. 杂交(黄土);5. 苦菜;6. 搏优6号;7. 杂交(黄土地);8. 四月红;9. 皖油13;10. 丰油10号(沙土);11. 中油821;12. 远达928;13. 杂交(黄土);14. 丰油10号(岗地);15. 杂交(黄土地);16. 丰油10号(沙土);17. 丰油10号(岗地);18. 杂双5号。黑色柱形图代表来自信阳市的油菜籽品种,白色柱形图代表来自南阳市的油菜籽品种,灰色柱形图代表来自固始县的油菜籽品种。下同

图1 不同地区各油菜籽品种间油酸含量对比

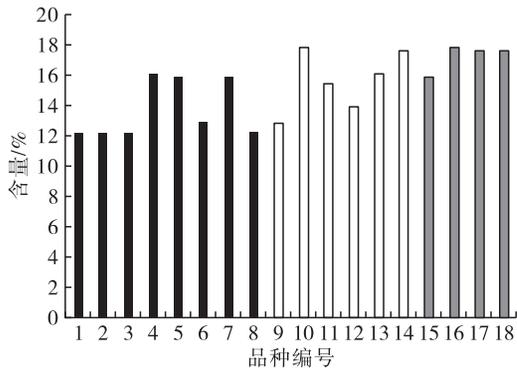


图2 不同地区各油菜籽品种间亚油酸含量对比

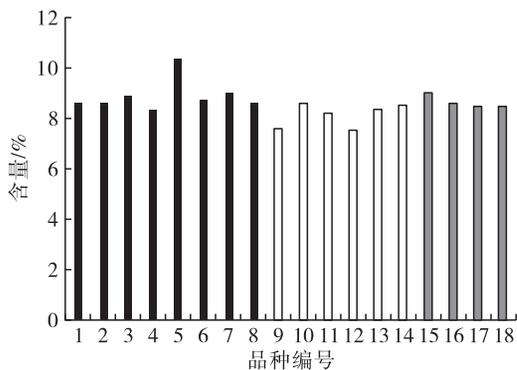


图3 不同地区各油菜籽品种间亚麻酸含量对比

由图1~图5可知:来自信阳市种植在黄土中的杂交油菜籽,来自南阳市种植在沙土和岗地中的丰油10号油菜籽、种植在黄土中的杂交油菜籽以及

来自固始县种植在沙土和岗地中的丰油10号油菜籽、种植在丘陵中的杂双5号油菜籽中油酸含量均超过50%,可作为丰富的油酸来源;来自南阳市种植在沙土和岗地中的丰油10号油菜籽以及来自固始县种植在沙土和岗地中的丰油10号油菜籽、种植在丘陵中的杂双5号油菜籽中亚油酸含量较高,可作为丰富的亚油酸来源;不同地区各品种油菜籽间亚麻酸含量差别不大;来自信阳市种植在黄土中的搏优6号油菜籽和来自南阳市种植在砂质土中的皖油13油菜籽中花生一烯酸含量较高,可作为丰富的花生一烯酸来源;来自信阳市种植在黄土中的南阳红、秦优9号、花菜子以及种植在黑土中的四月红油菜籽中芥酸含量均超过40%,可作为丰富的芥酸来源,来自固始县种植在丘陵中的杂双5号油菜籽中芥酸含量最低,可作为低芥酸菜籽油的原料来源。

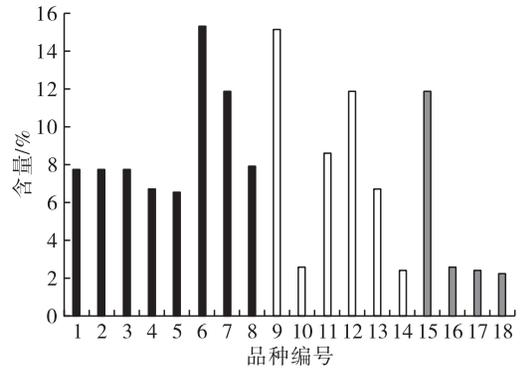


图4 不同地区各油菜籽品种间花生一烯酸含量对比

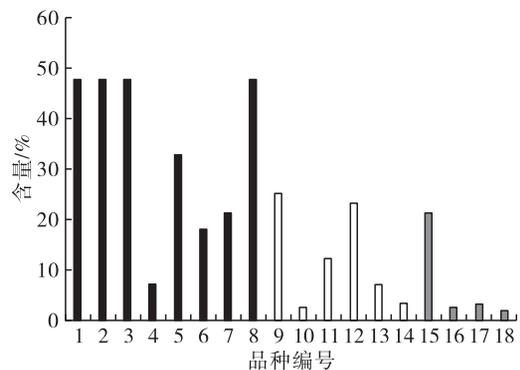


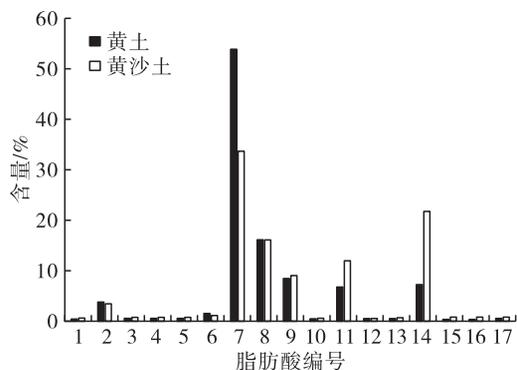
图5 不同地区各油菜籽品种间芥酸含量对比

2.3 相同地区不同种植土壤下同种油菜籽脂肪酸组成及含量

选取来自信阳市分别种植在黄土和黄土地中的杂交油菜籽和来自固始县分别种植在沙土和岗地中的丰油10号油菜籽,对比其脂肪酸组成及含量,结果如图6~图7所示。

由图6可知,对于杂交油菜籽来说,种植在黄土中与种植在黄土地中其油酸、花生一烯酸和芥酸含量存在明显差异,种植在黄土中的油酸含量比种植在黄土地中的高,而花生一烯酸和芥酸含量比种植

在黄沙土中的低,其他脂肪酸含量差异不大。由图7可知,对于丰油10号油菜籽来说,种植在沙土中与种植在岗地中其脂肪酸含量没有明显差异。这说明杂交油菜籽中油酸、花生一烯酸、芥酸含量受种植土壤影响较大,而丰油10号油菜籽品种比较稳定,其脂肪酸含量不受种植土壤的影响。



注:1. C14:0;2. C16:0;3. C16:1;4. C17:0;5. C17:1;6. C18:0;7. C18:1;8. C18:2;9. C18:3;10. C20:0;11. C20:1;12. C20:2;13. C22:0;14. C22:1;15. C22:2;16. C24:0;17. C24:1。下同

图6 不同种植土壤下杂交油菜籽脂肪酸组成及含量对比

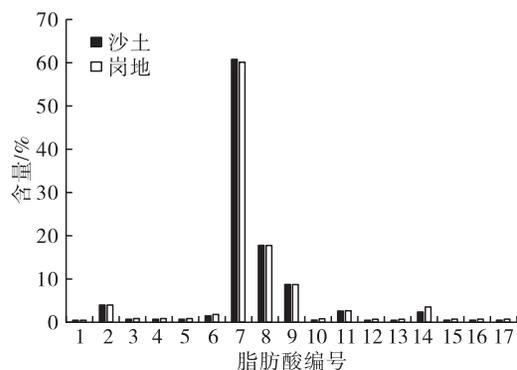


图7 不同种植土壤下丰油10号油菜籽中脂肪酸组成及含量对比

2.4 不同地区相同种植土壤下同种油菜籽脂肪酸组成及含量

选取分别来自信阳市和固始县均种植在黄沙土中的杂交油菜籽,分别来自南阳市和固始县均种植在沙土中的丰油10号油菜籽,以及分别来自南阳市和固始县均种植在岗地中的丰油10号油菜籽,对比其脂肪酸组成及含量,结果如图8~图10所示。

由图8可知,对于均种植在黄沙土中的杂交油菜籽来说,无论是来自信阳市还是固始县,其脂肪酸含量均无明显差异。由图9可知,对于均种植在沙土中的丰油10号油菜籽来说,无论是来自南阳市还是固始县,其脂肪酸含量均无明显差异。由图10可知,对于均种植在岗地中的丰油10号油菜籽来说,无论是来自南阳市还是固始县,其脂肪酸含量均无

明显差异。由此可知,对于杂交油菜籽和丰油10号油菜籽来说,只要种植土壤相同,即使来自不同地区,同品种油菜籽的脂肪酸含量均无明显差异。

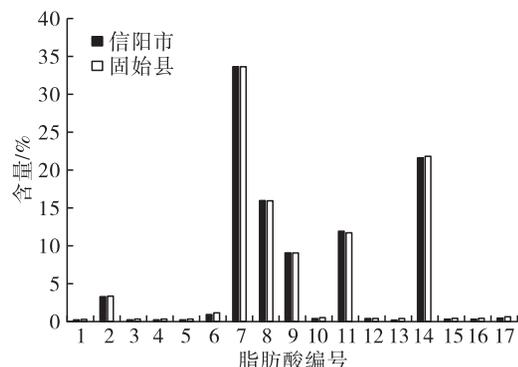


图8 不同地区种植在黄沙土中的杂交油菜籽中脂肪酸组成及含量对比

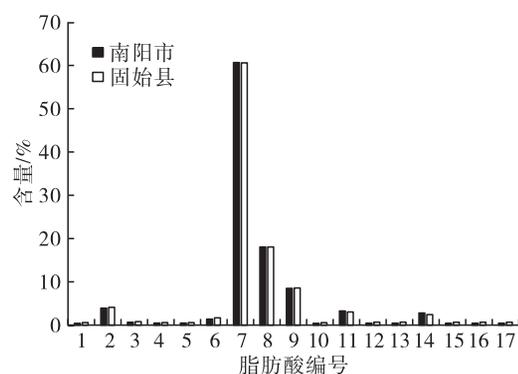


图9 不同地区种植在沙土中的丰油10号油菜籽中脂肪酸组成及含量对比

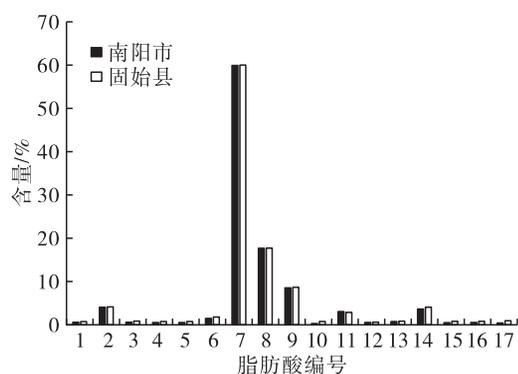


图10 不同地区种植在岗地中的丰油10号油菜籽中脂肪酸组成及含量对比

3 结论

(1)不同地区各品种油菜籽所含脂肪酸组成基本相同,均含有17种脂肪酸,脂肪酸种类比较丰富。油菜籽中含量较多的脂肪酸有油酸、芥酸、亚油酸、亚麻酸和花生一烯酸,各品种油菜籽间油酸、芥酸和花生一烯酸含量差异较大,亚油酸和亚麻酸含量差异较小。

(2)来自信阳市和南阳市种植在黄沙土中的杂交油菜籽,可作为丰富的油酸来源;来自南阳市和固始

县种植在沙土和岗地中的丰油 10 号油菜籽与来自固始县种植在丘陵中的杂双 5 号油菜籽可作为丰富的油酸、亚油酸来源;来自信阳市种植在黄土中的搏优 6 号油菜籽和来自南阳市种植在砂质土中的皖油 13 油菜籽可作为丰富的花生一烯酸来源;来自信阳市种植在黄土中的南阳红、秦优 9 号、花菜子油菜籽以及种植在黑土中的四月红油菜籽可作为丰富的芥酸来源,来自固始县种植在丘陵中的杂双 5 号油菜籽可作为低芥酸菜籽油的原料来源。

(3)对于杂交油菜籽来说,种植土壤对其油酸、花生一烯酸和芥酸含量影响较大,对于丰油 10 号油菜籽来说,该品种比较稳定,其脂肪酸含量不受种植土壤的影响。

(4)对于杂交油菜籽和丰油 10 号油菜籽来说,只要种植土壤相同,即使来自不同地区,同品种油菜籽的脂肪酸含量均无明显差异。

参考文献:

- [1] 徐洪志,曾川,张大琼,等. 菜籽饼的利用与研究进展[J]. 耕作与栽培,2007(1):37-39.
- [2] 李娜,杨涛. 我国油菜籽产业发展现状及趋势展望[J]. 农业生产展望,2009,5(2):19-21.
- [3] 熊秋芳,张效明,文静,等. 菜籽油与不同食用植物油营

养品质的比较——兼论油菜品质的遗传改良[J]. 中国粮油学报,2014,29(6):122-128.

- [4] 张月红,刘英华,王颀,等. 中长链脂肪酸食用油降低超重高甘油三酯患者血脂和低密度脂蛋白胆固醇水平的研究[J]. 中国食品学报,2010(2):20-27.
- [5] 于海宁,单伟光,DAS U N,等. 茶籽中脂肪酸的组成及其生物活性脂肪酸对高糖胁迫下 RF/6A 细胞生长的影响[J]. 茶叶科学,2009(6):419-425.
- [6] 周文化,李忠海,张海德,等. 槟榔果仁油提取及其脂肪酸分析[J]. 中国粮油学报,2010,25(8):38-41.
- [7] 吴关庭,郎春秀,陈锦清. 芥酸的生产及其衍生产产品开发[J]. 中国油脂,2007,32(6):27-31.
- [8] 刘昌盛. 冷榨菜籽油低温精炼技术及其品质特性研究[D]. 北京:中国农业科学院,2012.
- [9] 尹亚军,张翔宇,张喻. 油菜籽成熟过程中主要营养成分变化研究[J]. 食品工业科技,2015,36(5):339-342.
- [10] 尹亚军,章丽琳,张喻. 油菜籽成熟过程中主要脂肪酸变化的研究[J]. 中国粮油学报,2016,31(7):82-88.
- [11] 张鑫,任元元,王波,等. 油菜籽绿色加工技术研究进展[J]. 粮油食品科技,2020,28(1):58-62.
- [12] 寇秀颖,于国萍. 脂肪和脂肪酸甲酯化方法的研究[J]. 食品研究与开发,2005,26(2):46-47.

(上接第 91 页)

- [17] ZHANG Q Q, GU Y G, GUI P C, et al. Comprehensive evaluation of antibiotics emission and fate in the river basins of China: source analysis, multimedia modeling, and linkage to bacterial resistance [J]. Environ Sci Technol, 2015,49(11):6772-6782.
- [18] 黄盼盼,王晨晨,邱春生,等. 水环境中 PAEs 的赋存、环境风险及水质标准[J]. 环境工程,2020,38(5):23-29.
- [19] 张明明,刘玉兰,杨金强,等. 油脂中邻苯二甲酸酯类塑化剂的吸附脱除研究[J]. 粮油食品科技,2015,23(5):32-36.
- [20] 刘昕,肖健,陈海,等. 一种除去动植物精油中被污染的邻苯二甲酸酯类物质的方法:201110210869.5 [P]. 2011-07-26.
- [21] 刘玉兰,张明明,杨金强. 水蒸汽蒸馏法对油脂中 DBP 和 DEHP 脱除效果的研究[J]. 现代食品科技,2017,33(5):176-182.
- [22] 李琪,张娴. 分子蒸馏技术在有效成分分离提纯中的应

用[J]. 食品安全导刊,2019(27):57.

- [23] 司天雷,马靖轩,马传国. 分子蒸馏对沙棘果油品质影响的研究[J]. 中国油脂,2018,43(5):11-15.
- [24] LI C, LIU Y L, DENG J L. Removal of phthalic acid esters from sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) pulp oil by steam distillation and molecular distillation [J]. Food Chem, 2019, 294:572-577.
- [25] 赵欢欢,刘玉兰,张小涛,等. 吸附法脱除芝麻油中苯并芘及脱色效果研究[J]. 粮油食品科技,2013,21(4):23-27.
- [26] 吴雪辉,李叶青,郑艳艳. 茶油中苯并芘的活性炭吸附工艺研究[J]. 中国食品学报,2014,14(9):170-175.
- [27] 罗存回,蒋秋桃. 离心低温分离法去除茶油中苯并芘的研究[J]. 农产品加工(创新版),2011(7):55-58.
- [28] 刘玉兰,张小涛,赵欢欢,等. 碱炼对菜籽油苯并芘脱除及脱色效果的研究[J]. 中国粮油学报,2014,29(4):53-56.
- [29] 胡朝曦,张维,李湘,等. 脱胶对浓香菜籽油苯并芘去除的影响[J]. 中国油脂,2018,43(8):100-103.