

# 不同加热温度对食用植物油脂肪酸成分的影响

伍新龄, 王凤玲\*, 关文强 (天津市食品生物技术重点实验室, 天津商业大学生物技术与食品科学学院, 天津 300134)

**摘要** [目的]探讨不同加热温度对4种植物油中脂肪酸含量变化的影响。[方法]试验选取不同加热温度(25、160、200、240、300℃),加热时间为10 min,用三氟化硼-甲醇快速甲酯化方法对花生油、玉米油、大豆油和橄榄油4种植物油中的脂肪酸进行甲酯化,并采用气相色谱法对脂肪酸甲酯化溶液进行定量分析。[结果]结果表明,随着加热温度升高,4种食用植物油中的脂肪酸总量呈递减趋势。其中,饱和脂肪酸(棕榈酸、硬脂酸、花生酸)的含量变化不明显,不饱和脂肪酸总量呈递减趋势。加热到300℃后,花生油、玉米油、大豆油和橄榄油的单不饱和脂肪酸含量分别由38.04%、27.07%、23.87%、67.49%减少到33.76%、24.26%、19.16%、55.50%,变化率分别为11.26%、10.40%、19.70%、17.78%。从单不饱和脂肪酸的变化率来看,大豆油比较不稳定。而多不饱和脂肪酸含量分别由41.65%、60.67%、63.28%、9.27%减少到23.92%、37.17%、37.13%、0(未检出),变化率分别为42.57%、38.73%、41.33%、100%。从多不饱和脂肪酸的变化率来看,4种食用植物油的变化率均较大,其中橄榄油最不稳定。主要脂肪酸的含量分别降低22.14%、24.72%、30.63%、18.67%。[结论]研究可为指导食用植物油生产、加工以及烹饪过程,避免或减少不良脂肪酸的生成提供参考。

**关键词** 食用植物油;加热温度;脂肪酸;气相色谱

中图分类号 S609.9 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2014)27-09522-03

## Influences of Different Heating Temperature on Fatty Acids Composition of Edible Vegetable Oil

WU Xin-ling, WANG Feng-ling\*, GUAN Wen-qiang (Tianjin Key Laboratory of Food Biotechnology, College of Biotechnology and Food Sciences, Tianjin University of Commerce, Tianjin 300134)

**Abstract** [Objective] To explore the effect of different heating temperature on the fatty acids content in peanut oil, corn oil, soybean oil, olive oil. [Method] The oils were heating 10 min at (25, 160, 200, 240, 300℃), respectively. Then, boron trifluoride-methanol was added in methyl-esterification reaction and then fatty acid methyl ester solution was investigated for qualitative and quantitative analysis by gas chromatography (GC) method. [Result] Results showed that the total content of fatty acids were decreasing trend in oil. Saturated fatty acids (palm acid, stearic acid, arachidonic acid) change no significantly, while the total content of UFA all showed a trend of decline with a prolonged heating time. When the heating temperature increase to 300℃, the total content of monounsaturated fatty acids were decreased to 33.76%, 24.26%, 19.16%, 55.50% from 38.04%, 27.07%, 23.87%, 67.49%, respectively, peanut oil, corn oil, soybean oil, olive oil. The rate of change was 11.26%, 10.40%, 19.70% and 17.78%, respectively, indicated that soybean oil was relatively more unstable. The total content of polyunsaturated fatty acids were decreased to 23.92%, 37.17%, 37.13%, 0 (not detected) from 41.65%, 60.67%, 63.28%, 9.27%, respectively, peanut oil, corn oil, soybean oil, olive oil. The rate of change was 42.57%, 38.73%, 41.33%, 100%, respectively, indicated that olive oil was relatively more unstable. The main content of fatty acids were reduced by 22.14%, 24.72%, 30.63%, 18.67%. [Conclusion] The study can provide reference for guiding production, processing and cooking of edible vegetable oil, avoiding or reducing production of bad fatty acid.

**Key words** Edible vegetable oil; Fatty acid; Heating temperature; Methyl esterification; Gas chromatograph

脂肪酸是食用油中最主要的成分,是决定食用油品质的重要指标之一,其组成及配比在很大程度上决定了食用油的营养价值和保健功效<sup>[1-2]</sup>。棕榈酸(C16:0)、硬脂酸(C18:0)、花生酸(C20:0)、油酸(C18:1)、亚油酸(C18:2)、亚麻酸(C18:3)6种脂肪酸含量总和占总脂肪酸95%以上<sup>[3]</sup>。加热温度的改变影响其脂肪酸含量的变化,且变化特性也存在差异<sup>[3]</sup>。食用油在加热过程中会引起一系列的化学反应,这些反应会使不饱和脂肪酸结构遭到破坏,油脂的品质降低<sup>[4]</sup>,还可能有一定的毒性和致癌作用<sup>[5]</sup>。研究表明,油温达到250℃时不饱和脂肪酸逐渐减少,反式脂肪酸逐渐增加<sup>[6-8]</sup>。

目前国内研究主要是温度对反式脂肪的影响,而关于温度对植物食用油中主要脂肪酸的影响和变化趋势的研究尚少。笔者选取市售家庭常用烹饪花生油、大豆油、玉米油和橄榄油作为原料,选用三氟化硼甲醇快速甲酯化方法对植物油中的脂肪酸进行甲酯化,采用气相色谱法(GC)<sup>[9-10]</sup>测定不同加热条件下加热的食用油脂脂肪酸组成,分析加热温度对

食用油中主要脂肪酸的变化情况,确定温度对食用植物油中各种脂肪酸形成和变化趋势的影响效果,为指导食用植物油生产、加工以及烹饪过程,避免或减少不良脂肪酸的生成提供参考。

## 1 材料与amp;方法

**1.1 材料** 供试原料:花生油、玉米油、大豆油、橄榄油、调和油,均购于超市。主要试剂:硬脂酸甲酯标准品、油酸甲酯标准品、亚油酸甲酯标准品、花生酸甲酯标准品、亚麻酸甲酯标准品,美国NU-CHEK公司;棕榈酸甲酯标准品,中国食品药品检定研究院;正庚烷和甲醇均为色谱纯;14%三氟化硼-甲醇溶液、氯化钠、硫酸、氢氧化钾、无水硫酸钠试剂,均为优级纯。

## 1.2 方法

**1.2.1 气相色谱分析条件。**7890A气相色谱仪由美国安捷伦科技有限公司生产,色谱柱:CP-Sil88(100 m × 0.25 mm × 0.2 μm)强极性毛细管柱;进样口温度:250℃;FID检测器温度:260℃;进样量1.0 μl;分流比30:1;载气:高纯氮气。程序升温条件1:170℃为初温,保持1 min,以10℃/min的升温速率升温至200℃,再以1℃/min升温至220℃,保持3 min。

**1.2.2 标准曲线制备。**用正庚烷为溶剂配制棕榈酸甲酯、

**作者简介** 伍新龄(1989-),女,广西北海人,硕士研究生,研究方向:食品加工和保鲜新技术。\*通讯作者,硕士,从事食品质量与安全研究。

**收稿日期** 2014-08-07

十七烷酸甲酯、硬脂酸甲酯、油酸甲酯、亚油酸甲酯、花生酸甲酯、亚麻酸甲酯标准溶液,配制成不同浓度的混标。

采用“1.2.1”气相色谱分析条件对标准溶液进行分析,确定各个组分的出峰时间,根据峰面积与浓度的关系制作标准曲线,并得到线性相关方程,用此方程计算不同植物油中的不同脂肪酸含量。

**1.2.3 样品甲酯化<sup>[11-13]</sup>。**称取 50.00 mg(精确到 0.01 mg)油样移入 25 ml 的容量瓶中,加入 0.5 mol/L 的氢氧化钠-甲醇溶液 1.5 ml,超声 10 min,40 ℃水浴 10 min,待溶液呈透明状后置水浴上沸腾 5 min,油脂基本溶化冷却后,加入 5.0 ml 三氟化硼-甲醇溶液,再置于水浴上沸腾 2 min,使甲酯化完全,加入足够量的饱和氯化钠溶液(上至细颈底部),上层有黄色液体,加入 4 ml 正庚烷,振摇,静置 10 min,取上层溶

液,加入少许的无水硫酸钠,转移上层溶液用于气相色谱分析。

**1.2.4 加热处理。**分别取 4 种食用植物油各 200 ml 倒入 500 ml 烧杯中,置于加热电板上加热,加热至 160、200、240、300 ℃时,保温 10 min,室内充分自然冷却后取出适量的油样,经过甲酯化后进行气相色谱分析,每个样品重复测试 3 次,取平均值。

## 2 结果与分析

**2.1 加热温度对 4 种植物油中脂肪酸的影响** 不同温度加热后花生油中的的脂肪酸含量如表 1 所示。表 1 表明,花生油随着加热温度的升高,棕榈酸、硬脂酸、花生酸含量变化较小,油酸、亚油酸、亚麻酸含量在加热到 300 ℃时明显降低,分别降低 11.3%、42.6%、18.6%。

表 1 花生油中脂肪酸含量

mg/g

温度//℃	棕榈酸(C16:0)	硬脂酸(C18:0)	油酸(C18:1)	亚油酸(C18:2)	花生酸(C20:0)	亚麻酸(C18:3)
25	107.22 ± 0.11	35.70 ± 0.06	284.78 ± 0.14	311.20 ± 0.16	9.09 ± 0.08	0.59 ± 0.07
160	107.30 ± 0.02	35.15 ± 0.04	283.18 ± 0.06	309.41 ± 0.12	8.99 ± 0.10	0.52 ± 0.10
200	106.80 ± 0.11	35.59 ± 0.05	283.45 ± 0.03	299.59 ± 0.16	9.03 ± 0.05	0.52 ± 0.06
240	110.05 ± 0.05	35.07 ± 0.07	291.42 ± 0.14	315.18 ± 0.06	12.47 ± 0.12	0.53 ± 0.11
300	106.36 ± 0.09	35.72 ± 0.10	252.71 ± 0.06	178.56 ± 0.14	9.04 ± 0.13	0.48 ± 0.13

不同温度加热后玉米油中的的脂肪酸含量如表 2 所示。表 2 表明,玉米油随着加热温度的升高,棕榈酸、硬脂酸、花

生酸含量基本不变,油酸、亚油酸、亚麻酸含量加热到 300 ℃时明显降低,分别降低 10.4%、38.7%、76.3%。

表 2 玉米油中脂肪酸含量

mg/g

温度//℃	棕榈酸(C16:0)	硬脂酸(C18:0)	油酸(C18:1)	亚油酸(C18:2)	花生酸(C20:0)	亚麻酸(C18:3)
25	123.27 ± 0.22	16.69 ± 0.15	202.66 ± 0.31	453.77 ± 0.07	2.20 ± 0.05	0.38 ± 0.02
160	122.36 ± 0.05	16.71 ± 0.06	200.64 ± 0.15	461.85 ± 0.05	2.20 ± 0.06	0.37 ± 0.07
200	122.90 ± 0.08	17.25 ± 0.08	200.15 ± 0.09	442.75 ± 0.07	2.13 ± 0.12	0.38 ± 0.10
240	123.15 ± 0.13	16.93 ± 0.12	197.00 ± 0.11	416.69 ± 0.10	2.23 ± 0.04	0.32 ± 0.05
300	122.04 ± 0.12	17.12 ± 0.07	181.58 ± 0.06	278.18 ± 0.13	2.46 ± 0.02	0.09 ± 0.01

不同温度加热后大豆油中的的脂肪酸含量如表 3 所示。表 3 表明,大豆油随着加热温度的升高,棕榈酸、硬脂酸、花

生酸含量基本不变,油酸、亚油酸、亚麻酸含量加热到 300 ℃时明显降低,分别降低 19.7%、41.1%、80.3%。

表 3 大豆油中脂肪酸含量

mg/g

温度//℃	棕榈酸(C16:0)	硬脂酸(C18:0)	油酸(C18:1)	亚油酸(C18:2)	花生酸(C20:0)	亚麻酸(C18:3)
25	110.56 ± 0.17	51.61 ± 0.26	178.67 ± 0.06	470.66 ± 0.30	5.70 ± 0.12	3.05 ± 0.04
160	102.88 ± 0.12	37.95 ± 0.08	148.65 ± 0.14	460.56 ± 0.07	2.49 ± 0.04	2.54 ± 0.08
200	101.98 ± 0.04	38.39 ± 0.11	145.74 ± 0.09	438.52 ± 0.09	1.78 ± 0.08	2.37 ± 0.11
240	103.06 ± 0.03	39.29 ± 0.04	155.76 ± 0.06	438.71 ± 0.13	3.84 ± 0.10	2.14 ± 0.03
300	102.56 ± 0.11	38.99 ± 0.05	143.46 ± 0.15	277.34 ± 0.14	6.04 ± 0.07	0.60 ± 0.04

不同温度加热后橄榄油中的的脂肪酸含量如表 4 所示。表 4 表明,橄榄油随着加热温度的升高,棕榈酸、硬脂酸、花

生酸含量基本不变,油酸、亚油酸明显降低,分别降低 17.8%、61.1%,亚麻酸未能检出。

表 4 橄榄油中脂肪酸含量

mg/g

温度//℃	棕榈酸(C16:0)	硬脂酸(C18:0)	油酸(C18:1)	亚油酸(C18:2)	花生酸(C20:0)	亚麻酸(C18:3)
25	131.95 ± 0.18	40.41 ± 0.08	505.21 ± 0.11	69.08 ± 0.24	2.15 ± 0.12	0.34 ± 0.11
160	117.72 ± 0.07	32.78 ± 0.15	501.65 ± 0.16	67.80 ± 0.04	2.14 ± 0.04	0.34 ± 0.06
200	112.09 ± 0.10	32.86 ± 0.04	479.20 ± 0.07	56.98 ± 0.09	3.92 ± 0.12	0.23 ± 0.10
240	117.40 ± 0.09	32.87 ± 0.09	456.26 ± 0.13	47.47 ± 0.13	2.96 ± 0.08	0.38 ± 0.09
300	121.17 ± 0.14	43.45 ± 0.16	415.39 ± 0.09	26.87 ± 0.08	2.37 ± 0.05	-

注:“-”表示未检出。

## 2.2 不同温度加热后植物油中不同类型脂肪酸的含量变化分析

进一步对上述测试脂肪酸的种类按照饱和程度进行分类计算,结果见图1~4。

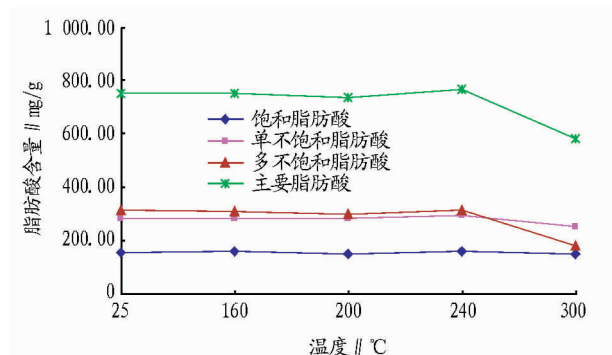


图1 花生油中不同类型脂肪酸

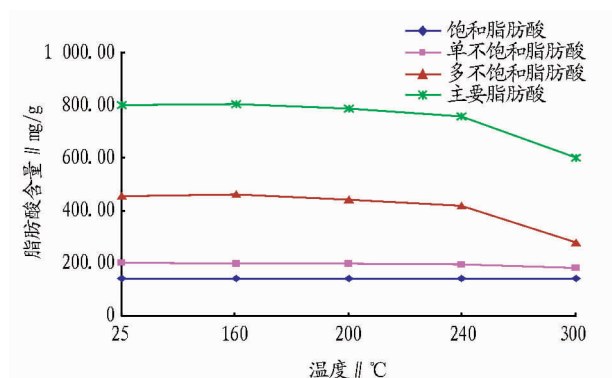


图2 玉米油中不同类型脂肪酸

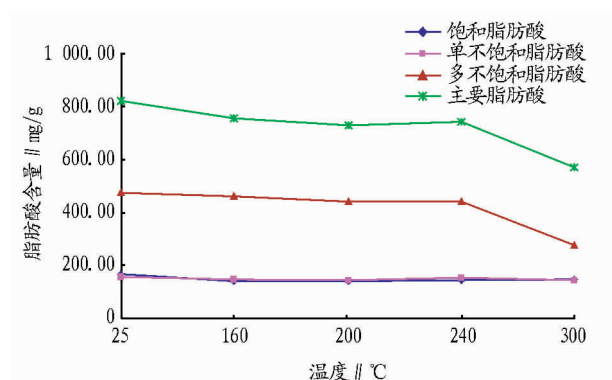


图3 大豆油中不同类型脂肪酸

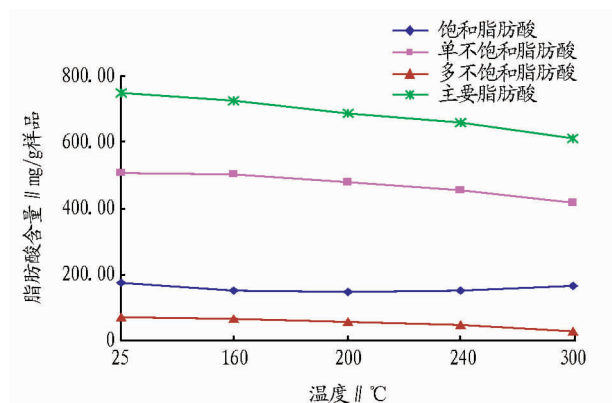


图4 橄榄油中不同类型脂肪酸

由图1~4可以看出,随着加热温度的升高,花生油中饱和脂肪酸含量基本不变,加热到300℃时单不饱和脂肪酸含量略有下降,多不饱和脂肪酸含量急剧下降;玉米油中饱和脂肪酸和单不饱和脂肪酸含量基本不变,加热到300℃时多不饱和脂肪酸含量急剧下降;大豆油中饱和脂肪酸和单不饱和脂肪酸含量基本不变,加热到300℃时多不饱和脂肪酸含量急剧下降;橄榄油中饱和脂肪酸基本不变,单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸含量呈下降趋势。花生油、玉米油、大豆油中主要脂肪酸含量加热到300℃急剧下降,橄榄油中主要脂肪酸含量随着加热温度的升高呈下降趋势。

### 3 结论

食用植物油中的脂肪酸在高温加热过程中,发生了一系列的化学反应,油脂中的脂肪酸总量呈递减趋势。不饱和脂肪酸的含量呈下降趋势,富含营养价值的油酸、亚油酸、亚麻酸遭到了破坏流失。在300℃,加热10min的条件下花生油、玉米油、大豆油和橄榄油的单不饱和脂肪酸含量分别由38.04%、27.07%、23.87%、67.49%减少到33.76%、24.26%、19.16%、55.50%,变化率分别为11.26%、10.40%、19.70%、17.78%。从单不饱和脂肪酸的变化率来看,大豆油比较不稳定。而多不饱和脂肪酸含量分别由41.65%、60.67%、63.28%、9.27%减少到23.92%、37.17%、37.13%、0(未检出),变化率分别为42.57%、38.73%、41.33%、100%。从多不饱和脂肪酸的变化率来看,4种食用植物油的变化率均较大,其中橄榄油最不稳定。主要脂肪酸的含量分别降低22.14%、24.72%、30.63%、18.67%。为了减少亚油酸、亚麻酸等富含营养价值的组分的破坏、流失和避免高温使植物油生成的有害物质<sup>[14-18]</sup>,应尽可能避免食用植物油加热温度过高。

### 参考文献

- [1] 王瑞,刘海学,马俐珍.几种食用油中脂肪酸含量的测定与分析[J].食品研究与开发,2011,32(7):106-108.
- [2] 陆颖,陈月晓,何梅,等.中国市售桶装植物油脂肪酸的研究[J].卫生研究,2012,41(3):445-448.
- [3] 蒋秀琴,刘立成,赵福忠,等.常见植物油脂肪酸含量的分析[J].饲料博览,2010(3):27-29.
- [4] 夏季亮,陈玓玓,吴晶.煎炸时间与煎炸温度对花生油脂肪酸组成的影响[J].油脂安全,2013,38(7):76-81.
- [5] 胡崇兵.油脂酸败的危害及其预防[J].食品与健康,2006(8):30-31.
- [6] MORENO M C M, OLIVARES M D, LOPEZ A F J, et al. Determination of unsaturated grade and trans isomers generated during thermal oxidation of edible oils and fats by FTIR[J]. J Mol Struct, 1999,482/483:551-556.
- [7] FILIP S, FINK R, HRIBAR J, et al. Trans fatty acids in food and their influence on human health[J]. Food Technology and Biotechnology, 2010,48(2):135-142.
- [8] HOU J C, WANG F, WANG Y T, et al. Assessment of trans fatty acids in edible oils in China[J]. Food Control, 2012,25:211-215.
- [9] 高瑞萍,彭见林,刘辉,等.脂肪酸分析方法研究进展[J].食品工业科技,2011,32(8):472-475.
- [10] 郭彦军,徐燕,底玉娟,等.气相色谱测定不同油料作物中脂肪酸的组成[J].现代科学仪器,2012(3):115-119.
- [11] GUNAWAN S, MELWITA E, JU Y H. Analysis of trans-cis fatty acids in fatty acid steryl esters isolated from soybean oil deodoriser distillate[J]. Food Chemistry, 2010,121(3):752-757.
- [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.

括海洋农业及其规律。

海洋农业可以支援陆地农业,首先,某些海产品及其副产品或“废料”可以经加工制出肥料、生物农药。目前海藻肥、海藻农药已研制成功并在推广,从海洋中筛选某些特需特能微生物可用于陆地大农业;其次,海水灌溉,近年来海水灌溉技术在国内外都有较大发展,基本路径是选择耐盐作物或运用生物技术改造或“合成”耐盐作物品种,种植于近海滩涂,利用海水作为水源,而且这些耐盐作物还可以种植于盐碱地,从而开拓和提升陆地农业。

**2.4.2 习近平要求针对海洋资源开发的特殊性全面转型升级。**高端生态海洋农业发展成一个新的、巨大的经济增长点需要机制创新,在发展海洋农业中需要遵循这一方针。海洋水量占全球总水量的97%,是世界的总水库。目前陆地淡水主要依靠以海洋为来源于自然“咸淡循环”,陆地淡水的获取处于“被动”状态,世界许多国家包括中国都启动和发展着各种海水淡化技术,有的已相对成熟,但是距全面商业应用还有一定距离,更谈不上在农业上应用。海水淡化的主要问题是能耗大,在探索人工淡化的同时,未来也可以探索自然水循环的利用。海水在太阳能的作用下变为“蒸气”,升空后又辗转落下,按面积算绝大部分落入海洋。如何将这些淡水收集和储存,或以更先进方式将海空的淡水更多地用于陆地,这要依靠科技的长足进步来解决。

**2.4.3 习近平强调,海洋在国家生态文明建设中的角色更加显著。**要下决心采取措施全力遏制海洋生态环境不断恶化趋势,要享受到“碧海蓝天”、“洁净沙滩”。海洋是人类财富的巨大宝库,是21世纪国际角逐的重要阵地,也是我国经济发展强劲的新增长点。海洋农业是潜力巨大的海洋产业,是我国高端生态农业的重要组成部分,其升级转型关系我国农业现代化的全局,在很大程度上也影响到我国经济的整体转型,应当以新的视角和新的思维开创海洋农业的新境界、新方式。

### 3 总结

**3.1 既吸收了中华优秀传统文化成果,又坚持了马克思主义** 习近平生态思想继承了经过数千年沉淀的中国传统生态思想中的“天人合一”、“仁民爱物”、“取用有节”和“以时禁发”等优秀思想,因而也使其自身富有浓郁的民族气质和民族气派。马克思恩格斯生态思想是科学社会主义理论中

的重要组成部分。毫无疑问,作为马克思主义指导下的中国特色社会主义,其生态文明建设思想也必须以马克思恩格斯生态思想为指导,否则我国的生态文明建设就会偏离正确的方向。习近平生态思想是中国传统生态思想和马克思主义生态思想的完美结合。

### 3.2 既继承了前人的优秀思想,又进行了理论提升和创新

中国传统生态思想由我国古人对动植物的朴素情怀发展而成,它是一种朴素的生态观,在一定程度上缺乏科学理性,忽视自然的工具价值,甚至带有一定的神秘色彩。生态文明建设思想在批判地继承和辩证地吸收前人生态思想优秀成果的同时,就必须根据本国的实际和时代所赋予的具体任务对前人的生态思想进行理论总结、提升和创新。经过30余年的探索和发展,我国生态文明建设的目的从最初的促进“人与自然和谐相处”发展到促进“协调发展”、“可持续发展”和“科学发展”。

**3.3 既关照当前的发展,又照顾子孙的福祉** 无论是中国传统的“取用有节”和“以时禁发”生态思想,还是马克思恩格斯主张的“创造对象世界”和变革生产方式和社会制度解决生态危机等生态思想,习近平生态农业思想都同他们一样。改革开放后,邓小平号召“植树造林、绿化祖国、造福后代”;江泽民倡导“协调发展”、“可持续发展”;胡锦涛提出“科学发展”;习近平强调生态文明建设要“对子孙后代高度负责”,这都意味着改革开放以来党的领导人都继承并发扬了在重视当前发展的同时兼顾子孙后代的福祉这一优良传统,进一步保障了生态文明建设中既关照当前的发展又照顾子孙的福祉这一目标的实现。

### 参考文献

- [1] 杨承训, 承谕, 咏梅. 高端生态海洋农业发展规律与方略——学习习近平关于经略海洋思想的启示[J]. 中共天津市委党校学报, 2014(1): 77-83.
- [2] 学习贯彻习近平总书记重要指示精神 为建设美丽中国创造更好的生态条件[J]. 国土绿化, 2014(3): 5-6.
- [3] 周生贤. 走向生态文明新时代——学习习近平同志关于生态文明建设的重要论述[J]. 求是, 2013(17): 17-19.
- [4] 赵树丛. 为实现中国梦创造更好生态条件——深刻领会习近平同志关于生态文明建设的重要讲话精神[J]. 国土绿化, 2013(10): 7-8.
- [5] 余永跃, 王世明. 改革开放以来党的生态文明建设思想及其特质[J]. 福建行政学院学报, 2013(5): 79-84.
- [6] 华启和. 解读马克思的生态农业思想[J]. 前沿, 2009(9): 114-116.

(上接第9524页)

- [13] 韩深, 卢晓宇, 邵瑞婷, 等. GC-FID 甲酯化法测定橄榄油中六种脂肪酸[J]. 分析实验室, 2007, 26(Z1): 136-139.
- [14] 苏德森, 林虬, 陈涵贞. 加热对油茶籽油中反式脂肪酸形成的影响[J]. 检测分析, 2010, 35(12): 62-66.
- [15] WAKAKO TSUZUKI, AKIKO MATSUOKA, KAORI USHIDA. Formation of trans fatty acids in edible oils during the frying and heating process[J].

Food Chemistry, 2010, 123: 976-982.

- [16] 杨滢, 陈奕, 张志芳, 等. 油炸过程中3种植物油脂肪酸组分含量及品质的变化[J]. 食品科学, 2012, 33(23): 36-41.
- [17] 李安. 大豆油不饱和脂肪酸热致异构化机理及产物安全性分析[D]. 北京: 中国农业科学院, 2013.
- [18] 宋志华. 反式脂肪酸气相色谱分析方法的研究及应用[D]. 无锡: 江南大学, 2007.