

# 亚麻籽烘烤预处理对亚麻籽油得率 及贮藏稳定性的影响

任志龙, 王 涵

(包头轻工职业技术学院 食品生物与检测系, 内蒙古 包头 014035)

**摘要:**以亚麻籽油得率为指标,对烘烤预处理亚麻籽工艺进行优化,并研究烘烤预处理对亚麻籽油贮藏稳定性及多酚含量的影响。结果表明:亚麻籽烘烤预处理最佳工艺条件为烘烤时间40 min、烘烤温度100℃、粉碎粒度0.250 mm(60目),以此条件下的亚麻籽为原料提取油脂,亚麻籽油得率为44.46%,比未预处理提取的亚麻籽油得率高7.91个百分点,多酚含量高12.61个百分点;贮藏8 d,烘烤预处理提取的亚麻籽油过氧化值、 $K_{232}$ 、 $K_{270}$ 的增幅均小于未预处理提取的亚麻籽油。研究表明烘烤预处理不仅能提高亚麻籽油得率,同时可延缓亚麻籽油氧化,进而提高亚麻籽油的贮藏稳定性。

**关键词:**亚麻籽油;烘烤预处理;得率;贮藏稳定性;多酚

中图分类号:TS224.2;TS225.1 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2021)05-0023-05

## Effect of baking pretreatment on yield and storage stability of flaxseed oil

REN Zhilong, WANG Han

(Department of Food Biology and Detection, Baotou Light Industry Vocational Technical College, Baotou 014035, Inner Mongolia, China)

**Abstract:** Using the yield of flaxseed oil as the index, the baking pretreatment process of flaxseed was optimized, and the effects of baking pretreatment on the storage stability and polyphenol content of flaxseed oil were studied. The results showed that the optimal baking conditions were obtained as follows: baking time 40 min, baking temperature 100℃ and grinding particle size 0.250 mm(60 meshes). With the flaxseed pretreated under these conditions as material to extract oil, the yield of flaxseed oil was 44.46%, which was 7.91 percentage points higher than that of unpretreated flaxseed oil, and the polyphenol content was 12.61 percentage points higher than that of unpretreated flaxseed oil. After eight days of storage, the increases of peroxide value,  $K_{232}$  and  $K_{270}$  of flaxseed oil from baking pretreated flaxseed were less than those from unpretreated flaxseed. The research showed that baking pretreatment could not only improve the yield of flaxseed oil, but also delay the oxidation of flaxseed oil, thus improving the storage stability of flaxseed oil.

**Key words:** flaxseed oil; baking pretreatment; yield; storage stability; polyphenol

亚麻(*Linum usitatissimum* L.)又称胡麻,其含油量较高。亚麻籽油富含亚麻酸、油酸、亚油酸等不饱

和脂肪酸,其中 $\alpha$ -亚麻酸含量高达40%~60%,是目前n-3系列脂肪酸含量最高的植物油之一<sup>[1]</sup>,被誉为草原上的“深海鱼油”<sup>[2]</sup>,越来越多的学者着眼于亚麻籽油的加工工艺<sup>[3-4]</sup>、营养成分<sup>[5-6]</sup>及其功能特性<sup>[7]</sup>等方面的研究。据报道,亚麻籽油中的不饱和脂肪酸在预防和降低糖尿病、心血管疾病等相关疾病中发挥着重要作用<sup>[8-10]</sup>,具有较大的市场潜力和研究价值。

研究表明,通过对油料进行适当预处理可破坏

收稿日期:2020-08-05;修回日期:2021-01-27

基金项目:内蒙古自治区高等学校科学研究项目(NJSZZX2048);包头轻工职业技术学院科学研究项目(QY2018-1-1-3)

作者简介:任志龙(1981),男,讲师,硕士,研究方向为食品生物技术(E-mail)renzhilong1981@126.com。

其细胞壁,提高油脂得率<sup>[11]</sup>。烘烤作为简单、高效、节能的方法,在油料预处理中被广泛应用<sup>[12-15]</sup>。然而,有关烘烤对亚麻籽油得率及其贮藏稳定性的研究远远落后于其他传统植物油脂。另外,由于不饱和脂肪酸含量较高,亚麻籽油受到光照、高温、氧气等影响,易发生氧化酸败,导致风味和营养价值下降。因此,在提高亚麻籽油得率的同时,对亚麻籽油贮藏稳定性方面的研究显得尤为重要。本试验采用烘烤对亚麻籽进行预处理,并对其预处理工艺进行优化,在此基础上进一步探究烘烤预处理对亚麻籽油得率及贮藏稳定性的影响,以期对亚麻籽油的开发利用提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

亚麻籽:内蒙古万利福生物科技有限公司。

硫代硫酸钠、可溶性淀粉、石油醚(沸程 60 ~ 90 °C)、异辛烷,天津市风船化学试剂科技有限公司;冰醋酸,天津永晟精细化工有限公司;无水硫酸钠、氯化钠,天津市化学试剂三厂;碘化钾,上海银碘化工有限公司;正己烷,天津市凯通化学试剂有限公司。以上试剂均为分析纯。

SP-752 紫外可见分光光度计, XH-100A 微波萃取仪, DZF-6210 真空干燥箱, TGL-16D 台式高速冷冻离心机。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 亚麻籽脂肪及水分含量的测定

脂肪含量的测定,参照 GB/T 14488.1—2008;水分含量的测定,参照 GB/T 14489.1—2008。

#### 1.2.2 亚麻籽的烘烤预处理

准确称取 300 g 亚麻籽,除杂、清理后粉碎至一定粒度,然后置于陶瓷圆盘中,在一定温度下于真空干燥箱中烘烤一定时间,得到烘烤预处理亚麻籽粉。

#### 1.2.3 亚麻籽油的提取

分别称取 3 g 烘烤预处理与未预处理的亚麻籽粉,按照料液比 1:20 加入石油醚,在微波功率 600 W、微波温度 80 °C、微波时间 5 min 条件下提取亚麻籽油,于 4 000 r/min 离心 20 min,取上清液,在 40 °C 下旋转蒸发去除石油醚,再在 30 °C 真空干燥箱内干燥,得到亚麻籽油。亚麻籽油得率( $y$ )按照下式计算。

$$y = \frac{m}{m_0} \times 100\% \quad (1)$$

式中: $m$  为亚麻籽油质量, g;  $m_0$  为亚麻籽粉质量, g。

#### 1.2.4 亚麻籽油贮藏稳定性的研究

采用 Schaal 烘箱法<sup>[16]</sup>研究亚麻籽油的贮藏稳

定性。将 50 g 亚麻籽油样品置于敞口容器中,在 63 °C 的真空干燥箱中贮藏 8 d,每天固定时间取样测定亚麻籽油的过氧化值和  $K_{232}$ 、 $K_{270}$ 。过氧化值的测定参照 GB 5009.227—2016 进行,  $K_{232}$ 、 $K_{270}$  的测定参照 GB/T 22500—2008 进行。

#### 1.2.5 亚麻籽油多酚含量的测定

根据 Folin-Ciocalteu 法<sup>[17]</sup>测定亚麻籽油的多酚含量。

#### 1.2.6 数据处理

采用 Graphpad prism 软件处理数据并作图,采用 SPSS 软件进行方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 亚麻籽脂肪及水分含量

经测定,亚麻籽脂肪含量为 47.68%,水分含量为 4.8%。

### 2.2 烘烤预处理单因素试验

#### 2.2.1 烘烤时间对亚麻籽油得率的影响

在粉碎粒度 0.380 mm (40 目)、烘烤温度 100 °C 条件下对亚麻籽进行烘烤处理,再按 1.2.3 方法提取亚麻籽油,研究烘烤时间对亚麻籽油得率的影响,结果如图 1 所示。

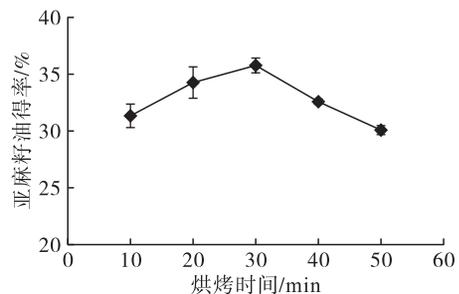


图 1 烘烤时间对亚麻籽油得率的影响

由图 1 可知,亚麻籽油得率随着烘烤时间延长先升高后下降。这是因为烘烤时间较短时,细胞壁破坏程度不够,致使亚麻籽油得率较低,在烘烤时间为 30 min 时亚麻籽油得率最高,达到 35.77%,烘烤时间继续延长,可能会造成物料焦糊化,得率降低。因此,选取最佳烘烤时间为 30 min。

#### 2.2.2 烘烤温度对亚麻籽油得率的影响

在粉碎粒度 0.380 mm (40 目)、烘烤时间 30 min 条件下对亚麻籽进行烘烤处理,再按 1.2.3 方法提取亚麻籽油,研究烘烤温度对亚麻籽油得率的影响,结果如图 2 所示。

由图 2 可知,亚麻籽油得率随着烘烤温度升高呈先升高后降低的趋势,烘烤温度为 100 °C 时得率最高,为 36.56%,烘烤温度过高或过低,不利于亚麻籽油的溶出。这是因为随着烘烤温度逐渐升高,

亚麻籽中的蛋白质变性,导致油脂和蛋白质的紧密结合状态被破坏,同时细胞壁的渗透性增加,使得亚麻籽油得率增加<sup>[18]</sup>;但当烘烤温度过高时,高温会使原料容易焦化,导致得率下降<sup>[19]</sup>。因此,选取最佳烘烤温度为100℃。

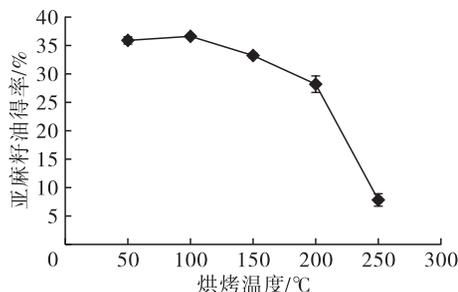


图2 烘烤温度对亚麻籽油得率的影响

### 2.2.3 粉碎粒度对亚麻籽油得率的影响

在烘烤温度100℃、烘烤时间30 min条件下对亚麻籽进行烘烤处理,再按1.2.3方法提取亚麻籽油,研究粉碎粒度对亚麻籽油得率的影响,结果如图3所示。

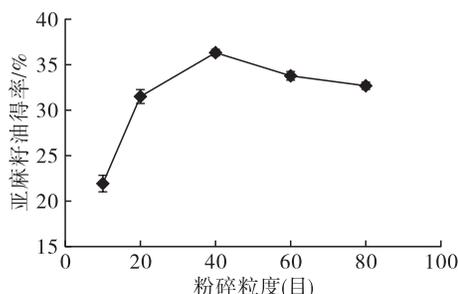


图3 粉碎粒度对亚麻籽油得率的影响

由图3可知,随着粉碎粒度的增加,亚麻籽油得率先升高后降低,粉碎粒度为0.380 mm(40目)时亚麻籽油得率最高。这是因为随着粉碎粒度的增加,物料的表面积增大,更容易浸出油脂;当粉碎粒度太大,物料粒径过小,提取过程中物料会被压得过实,从而影响油脂溶出速率<sup>[20]</sup>。因此,选取最佳粉碎粒度为0.380 mm(40目)。

### 2.3 烘烤预处理正交试验

在单因素试验基础上,选取烘烤时间(A)、烘烤温度(B)和粉碎粒度(C)3个因素为自变量,以亚麻籽油得率为因变量,设计 $L_9(3^3)$ 正交试验,烘烤预处理正交试验因素水平如表1所示,烘烤预处理正交试验设计及结果如表2所示。

表1 烘烤预处理正交试验因素水平

水平	A/min	B/℃	C(目)
1	20	70	20
2	30	100	40
3	40	130	60

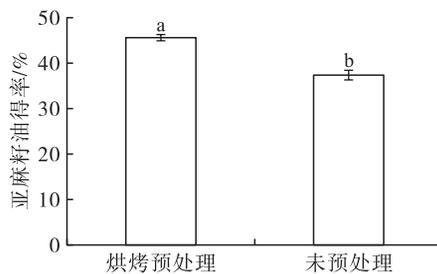
表2 烘烤预处理正交试验设计及结果

试验号	A	B	C	得率/%
1	1	1	1	31.26
2	1	2	2	36.06
3	1	3	3	34.51
4	2	1	2	36.93
5	2	2	3	43.15
6	2	3	1	35.43
7	3	1	3	41.33
8	3	2	1	37.68
9	3	3	2	42.93
$k_1$	33.94	36.51	34.79	
$k_2$	38.50	38.96	38.64	
$k_3$	40.65	37.62	39.66	
R	6.71	2.45	4.87	

由表2可知:烘烤预处理影响因素主次顺序为 $A > C > B$ ,即影响亚麻籽油得率的因素主次顺序依次为烘烤时间>粉碎粒度>烘烤温度。烘烤预处理最优组合为 $A_3B_2C_3$ ,即烘烤时间40 min、烘烤温度100℃、粉碎粒度0.250 mm(60目)。在最优条件下进行验证试验,亚麻籽油得率为44.46%。

### 2.4 烘烤预处理对亚麻籽油得率的影响

将最优烘烤预处理工艺条件得到的亚麻籽与未预处理亚麻籽按1.2.3方法提取亚麻籽油,研究烘烤预处理对亚麻籽油得率的影响,结果如图4所示。



注:图中不同字母表示在0.05水平下差异显著。下同

图4 烘烤预处理对亚麻籽油得率的影响

从图4可以看出,亚麻籽经烘烤预处理后提取的亚麻籽油得率比未预处理提取的亚麻籽油得率高7.91个百分点。由此可见,烘烤预处理可显著提高亚麻籽油得率。

### 2.5 亚麻籽油贮藏稳定性

#### 2.5.1 烘烤预处理对亚麻籽油过氧化值的影响

烘烤预处理对亚麻籽油过氧化值的影响如图5所示。

过氧化值反映油脂氧化初期被氧化的程度。由图5可知:贮藏时间小于等于4 d时,亚麻籽分别经烘烤预处理和未预处理提取的亚麻籽油的过氧化值

变化不明显且基本相当;当贮藏时间长于4 d后,两个亚麻籽油样品的过氧化值开始逐渐上升,并且未预处理提取的亚麻籽油过氧化值始终大于烘烤预处理提取的亚麻籽油的过氧化值。烘烤预处理提取的亚麻籽油的初始过氧化值为1.80 mmol/kg,贮藏8 d过氧化值增加到11.76 mmol/kg,增幅为9.96 mmol/kg;而未预处理提取的亚麻籽油的过氧化值由初始的1.60 mmol/kg增加到贮藏8 d时的19.76 mmol/kg,增幅为18.16 mmol/kg。与未预处理提取的亚麻籽油相比,烘烤预处理提取的亚麻籽油的过氧化值在整个贮藏期内的增幅明显降低,与吕俊丽等<sup>[21]</sup>的研究结果一致。表明烘烤预处理可以有效减缓亚麻籽油过氧化值的升高,延缓油脂氧化速率,进而提高亚麻籽油的贮藏稳定性。

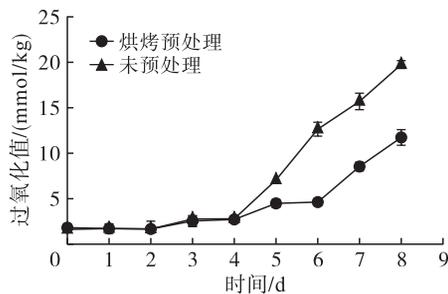


图5 烘烤预处理对亚麻籽油过氧化值的影响

### 2.5.2 烘烤预处理对亚麻籽油 $K_{232}$ 的影响

油脂经氧化后产生的初级氧化产物十八碳二烯氢过氧化物可通过双键重排形成稳定的共轭二烯结构,在232 nm处有吸收峰,因此通常用  $K_{232}$  反映油脂初级氧化程度<sup>[22]</sup>。烘烤预处理与未预处理提取的亚麻籽油的  $K_{232}$  如图6所示。

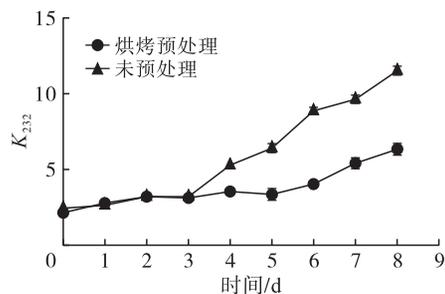


图6 烘烤预处理对亚麻籽油  $K_{232}$  的影响

由图6可知,在贮藏前3 d,烘烤预处理和未预处理提取的亚麻籽油的  $K_{232}$  基本相当且变化不明显,当贮藏时间长于3 d时,两个样品的  $K_{232}$  呈上升趋势。整个贮藏期内,未预处理提取的亚麻籽油的  $K_{232}$  由2.39上升到11.43,增幅为9.04;而烘烤预处理提取的亚麻籽油的  $K_{232}$  由2.12增加到6.36,增幅为4.24。由此可见,烘烤预处理可增强亚麻籽油的氧化稳定性。该结果与易志<sup>[20]</sup>的研究结果一致。

### 2.5.3 烘烤预处理对亚麻籽油 $K_{270}$ 的影响

烘烤预处理对亚麻籽油  $K_{270}$  的影响如图7所示。

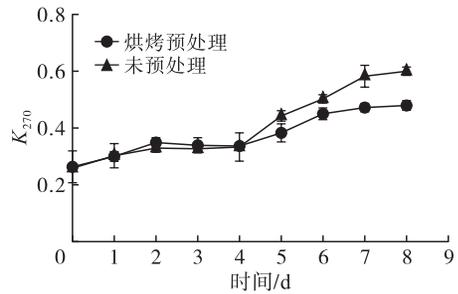


图7 烘烤预处理对亚麻籽油  $K_{270}$  的影响

由图7可知,贮藏期内,烘烤预处理及未预处理提取的亚麻籽油的  $K_{270}$  整体呈逐渐上升的趋势,贮藏时间长于4 d时,  $K_{270}$  增加趋势更为明显。整个贮藏期内,未预处理提取的亚麻籽油  $K_{270}$  由0.26增加到0.61,增幅为0.35;而烘烤预处理提取的亚麻籽油  $K_{270}$  由初始的0.24增加到0.48,增加了0.24,增幅低于未预处理的。  $K_{270}$  越高,油脂氧化后二级氧化产物共轭三烯的含量越多。由此可见,与未预处理提取的亚麻籽油相比,烘烤预处理提取的亚麻籽油二级氧化产物积累量少,说明烘烤预处理具有延缓亚麻籽油氧化、提高其贮藏稳定性的效果。

### 2.6 烘烤预处理对亚麻籽油多酚含量的影响

烘烤预处理对亚麻籽油多酚含量的影响如图8所示。

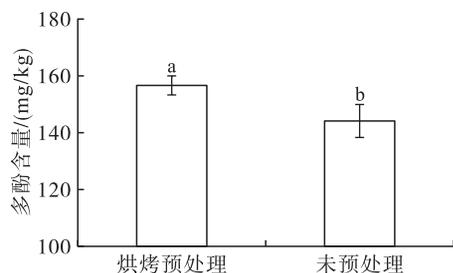


图8 烘烤预处理对亚麻籽油多酚含量的影响

由图8可知,经烘烤预处理后,亚麻籽油中多酚含量比未预处理的高12.61个百分点。说明烘烤预处理可显著提高亚麻籽油中的多酚含量。多酚类物质可作为氢供体,对活性氧具有清除作用,从而使油脂具有较好的抗氧化性,这在一定程度上为烘烤对亚麻籽油贮藏稳定性的提高提供了依据。

## 3 结论

以亚麻籽油得率为考察指标,对烘烤预处理工艺条件进行优化,得到烘烤预处理亚麻籽的最佳工艺条件为烘烤时间40 min、烘烤温度100℃、粉碎粒度0.250 mm(60目),对此条件下得到的亚麻籽进行提油,亚麻籽油得率为44.46%。与未预处理相

比,烘烤预处理提取的亚麻籽油得率提高7.91个百分点,多酚含量提高12.61个百分点。同时亚麻籽经烘烤预处理后,提取的亚麻籽油贮藏8 d的过氧化值、 $K_{232}$ 、 $K_{270}$ 的增幅均低于未预处理的,表明烘烤预处理不仅可提高亚麻籽油得率,还可降低亚麻籽油中氧化产物的生成,从而具有提高亚麻籽油贮藏稳定性的作用。

#### 参考文献:

- [1] 邓乾春,禹晓,黄庆德,等. 亚麻籽油的营养特性研究进展[J]. 天然产物研究与开发, 2010(4):715-721.
- [2] 刘淑霞,潘冬梅,魏国江,等. 亚麻籽健康食材的开发利用[J]. 中国麻业科学, 2011,33(6):285-287.
- [3] 余盖文,史训旺,洪梦佳,等. 炒籽温度对压榨亚麻籽油品质的影响[J]. 中国油脂,2019,44(6):29-33.
- [4] DA S S F, DE C C, PAESE K, et al. Nanoencapsulation of linseed oil with chia mucilage as structuring material: characterization, stability and enrichment of orange juice [J]. Food Res Int, 2019,120: 872-879.
- [5] 李先根,涂治骁,王树辉,等. 亚麻籽油对脂多糖刺激断奶仔猪肠黏膜结构和免疫细胞的影响[J]. 动物营养学报,2018,30(2):515-523.
- [6] 周洋,黄健花,金青哲,等. 不同产地冷榨亚麻籽油的脂质组成比较[J]. 中国油脂,2018,43(9):125-128.
- [7] KISHAWY A T, AMER S A, EI-HACK M, et al. The impact of dietary linseed oil and pomegranate peel extract on broiler growth, carcass traits, serum lipid profile, and meat fatty acid, phenol, and flavonoid contents [J]. Asian - Austr J Anim Sci, 2019, 32(8): 1161-1171.
- [8] DESHPANDE R, RAINA P, SHINDE K, et al. Flax seed oil reduced tumor growth, modulated immune responses and decreased HPV E6 and E7 oncoprotein expression in a murine model of ectopic cervical cancer [J]. Prostagl Oth Lipid Med, 2019,143:325-332.
- [9] SIMOPOULOS A P. Omega-6/omega-3 essential fatty acid ratio and chronic diseases [J]. Food Rev Int, 2004, 20(1):77-90.
- [10] JOHN P, SAN G, EMILY Y. The role of omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acids in health and disease of the retina [J]. Progr Retinal Eye Res, 2005, 24(1): 87-138.
- [11] UQUICHE E, JEREZ M, ORTIZ J. Effect of pretreatment with microwaves on mechanical extraction yield and quality of vegetable oil from Chilean hazelnuts (*Gevuina avellana* Mol) [J]. Innov Food Sci Emerg Technol, 2008, 9(4):495-500.
- [12] 张欢欢,高飞虎,黄桃翠,等. 不同预处理技术对冷榨双低菜籽油中脂质伴随物含量的影响[J]. 食品科学, 2020,41(8):57-61.
- [13] 何雅静,傅金凤,陈莉,等. 预处理方式对牡丹籽毛油出油率及品质影响[J]. 中国粮油学报,2019,34(6):86-91.
- [14] 邓博心. 预烘烤对花生水酶法制油油脂释放行为及品质的影响[D]. 江苏 无锡:江南大学,2018.
- [15] 杨瑞楠. 不同前处理对亚麻籽油中木脂素含量的影响[D]. 郑州:河南工业大学,2016.
- [16] 卢付青,游敬刚,潘红梅,等. 响应面法优化核桃油复合抗氧化剂的研究[J]. 中国油脂,2019,44(5):114-117.
- [17] 唐亮,胡蒋宁,刘蓉,等. 几种植物油抗氧化物质的测定[J]. 中国食品学报,2012,12(8):210-214.
- [18] TAKAGI S, IENAGA H, TSUCHIYA C, et al. Microwave roasting effects on the composition of tocopherols and acyl lipids within each structural part and section of a soybean [J]. J Sci Food Agric, 1999, 79(9):1155-1162.
- [19] 李少华,李树君,任嘉嘉,等. 预处理对油菜籽微观结构的影响[J]. 农业机械学报,2010,41(Z1):208-211.
- [20] 易志. 亚麻籽油贮藏稳定性研究[D]. 广州:华南农业大学,2016.
- [21] 吕俊丽,马雪慧,王华. 微波预处理对亚麻籽油得率及其贮藏稳定性的影响[J]. 中国油脂,2020,45(6):13-17.
- [22] 夏季亮,陈珂珂,吴晶. 煎炸菜籽油的脂肪酸组成与品质相关性的研究[J]. 中国粮油学报,2014,29(11):51-54.