

## 概 述

米糠是稻谷加工过程中的副产品，它是大米的外果皮、中果皮、交联层、种皮、糊粉层及少量米胚和米粳的混合物。每加工100公斤大米可得米糠5~8公斤。它的出率及组成因稻谷的品种和碾米的精度而异。现将其大致组成列表如下：

表1 米糠的组成

	百分含量
油 分	16~22%
蛋 白 质	12~16%
粗 纤 维	7~9 %
可溶性无氮浸出物	38~43%
水 分	9~14%
灰 分	8~12%

由表1可以看出 米糠含油 16~22%，与大豆含油率差不多。可见米糠是一种可观的油源，而且它不与粮食作物争地，值得重视。

我国南方绝大部分人以大米为主食。若每人每月食用大米15公斤，以每100公斤大米出米糠6公斤计，则伴随着这15公斤大米将有0.9公斤米糠产生。以出油率15%计算 可得米

糠油 135克。

过去，米糠绝大部分用作猪饲料。也许有人会问，米糠经榨油后所得的糠饼或糠粕还能不能作饲料？如果能作饲料，会不会降低它作为饲料的营养价值，从而影响养猪呢？理论和实践都证明，米糠经榨油后不会降低其作为饲料的营养价值。

米糠经榨油后所得的糠饼或糠粕称为脱脂糠。我们把米糠和脱脂糠的组成列表如下，作一比较。

表2 米糠与脱脂糠成分比较表

(%)

项目	水分	粗脂肪	粗蛋白	可溶性无氮浸出物	粗纤维	灰分
湖 米 糠	10.23	19.07	11.55	41.55	7.78	9.82
南 机榨饼	9.77	8.13	12.18	50.25	8.14	11.53
上 机榨饼	10.28	8.67	15.95	47.63	8.03	9.45
海 浸出饼	9.23	2.42	19.25	49.71	9.43	9.97
日 机榨饼	9.37	11.21	16.07	41.13	10.79	11.41
本 浸出饼	12.28	1.32	17.31	45.09	11.59	12.01

从表2可以看出，与米糠相比，脱脂糠的蛋白含量、可溶性无氮浸出量的含量均比较高。虽然脂肪含量比米糠低，但猪不是脂肪的消费者，而是脂肪的生产者。它对脂肪的需求量甚低，一般不超过总食料量的2%。脱脂糠，即使是浸出糠

粕，其脂肪含量也有2%左右，能满足这个要求。

若米糠未经榨油，直接用来作猪饲料，脂肪含量固然较脱脂糠高，但食入猪体内的脂肪大部分耗用于猪活动的能量上，只有1/4转化成猪体脂，在经济上是很不合算的。再说米糠中含有一种解酯酶，在稻谷未碾成大米之前，解酯酶对油脂不起作用。一旦稻谷被加工成大米及米糠后，米糠中的解酯酶就对其中的脂肪起分解作用，使油脂分解成脂肪酸及甘油。时间越长，被分解的油脂就越多，游离脂肪酸含量就越高。所以如果不经榨油，将米糠存放在那里慢慢喂猪，不仅要产生一股哈味，影响猪的食欲，而且大量游离脂肪酸被食入后，小猪要泻肚，大猪即使不泻肚，大量游离脂肪酸也是一个沉重的负担，往往承受不了，影响生长。

江苏省常州油厂，早在1955~1957年就分别用米糠和糠饼作饲料，在武进县邹区乡第二高级农业社作过对比试验。其结果如下：

表3 脱脂糠、米糠、酒糟喂猪情况对照表

饲养地点	饲料	头数	原体重 (公斤)		饲养天数		总增长情况 (公斤)			每头增重 (公斤)
			合计	每头体重	合计	每头天数	现体重	增长数	平均增长 (公斤/日)	
第14队	米糠	5	54.5	10.9	750	150	217	325	1.08	0.21
第14队	糠饼	5	72	15.1	750	150	244.5	334	1.11	0.223
第14队	酒糟	5	58	11.6	750	150	222	328	1.09	0.218
第16队	米糠	4	65	16.25	636	159	225.5	321	1.01	0.25
第16队	糠饼	4	53	17.66	436	109	146	186	0.85	0.213

续表

饲养地点	饲料	头数	原体重 (公斤)		饲养天数		总增长情况 (公斤)			每头增重 (公斤/日)
			合计	每头体重	合计	每头天数	现体重	增长数	平均增长 (公斤/日)	
第16队	酒糟	4	72.2	18.12	596	149	213	281	0.94	0.235
青年队	糠饼	3	46.5	15.5	372	124	157.5	222	0.87	0.296
青年队	酒糟	3	31	10.33	462	154	148	234	0.59	0.199
第13队	糠饼	5	59.7	11.95	780	156	298	476.4	1.51	0.303
第13队	酒糟	5	61.5	12.3	780	156	310	497	1.59	0.318
第9队	糠饼	3	42.2	14.8	465	155	132	179.6	0.53	0.193
第9队	酒糟	3	34.5	11.5	427	142.3	105.5	142	0.49	0.166

从表3可以看出除16队的糠饼组猪的日增长率较低外，第14队、青年队的糠饼组的日增长率均高于米组及酒糟组。可见脱脂糠喂猪，其营养价值根本没有降低，而是提高了。

我国是一个主要产米国，米糠产量占世界之首。五十年代起，我国就已经开展这方面的研究。但由于人们对米糠油认识不足，米糠油精炼技术也不过关，生产的糠油大部分做工业用油。最近几年，米糠油的制备及精炼技术有了较大的发展。现在我们不仅具有米糠榨油技术，而且还能进行米糠油浸出；不仅有间歇式精炼技术，而且有了自己的米糠油连续精炼工艺和设备；同时在综合利用方面也取得了许多成绩。但是与日本等发达国家相比，我国的米糠利用率还较低。据有关资料报道，我国1973年的稻谷产量为10940万吨，换算成

米糠是 875万吨 若能像日本一样 用它的一半来榨油 可得毛糠油 66万吨。米糠油的精炼率以 70%计，可得食用糠油 46万吨，这是一个多么惊人的数字啊！

# 米糠油的组成、理化特性及营养价值

米糠油是一种营养十分丰富的植物油。它不仅脂肪酸组成比较完整，而且还含有较多的维生素E及谷维素，是其它植物油脂不能比拟的，具有降低人体的血清胆固醇的作用，是高血压患者的理想食用油。

## 一、米糠油的组成

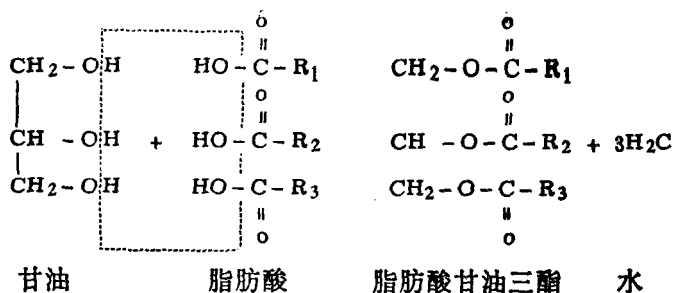
米糠油与其它食用油一样，其主要成分是脂肪酸甘油三酯。除此以外，还会有一些游离脂肪酸、磷脂及其它胶质、难皂化物，不皂化物等。

### （一）脂肪酸甘油三酯

一切食用油脂的主要成分都是脂肪酸甘油三酯，所不同的是组成脂肪酸甘油三酯的脂肪酸不一样。各种油脂均有其特殊的脂肪酸组成。要彻底弄清这个问题，必须了解什么是脂肪酸甘油三酯。

#### 1. 什么是脂肪酸甘油三酯

脂肪酸甘油三酯是由一个甘油分子及三个脂肪酸分子经酯化反应后形成的一种酯类，该反应的表示方法如下：



$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{OH} \\ | \\ \text{CH}-\text{OH} \\ | \\ \text{CH}_2-\text{OH} \end{array}$

式中  $\begin{array}{c} \text{CH}-\text{OH} \\ | \\ \text{CH}_2-\text{OH} \end{array}$  表示甘油，也称丙三醇。任何脂肪酸

甘油三酯中都有一个甘油基。  $\text{R}_1\text{COOH}$ 、 $\text{R}_2\text{COOH}$ 、 $\text{R}_3\text{COOH}$  分别代表三个不同的脂肪酸。

脂肪酸是长碳链的一元羧酸。天然油脂中的脂肪酸种类很多。按碳链长短分，有十碳酸、十二碳酸、十四碳酸、十六碳酸、十八碳酸、二十碳酸、二十二碳酸等等。按不饱和程度分，有饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸之分，不饱和脂肪酸中又有一烯酸、二烯酸、三烯酸、四烯酸及炔酸等。现介绍几种天然油脂中常见的脂肪酸。

常见的饱和脂肪酸：

名称	结构式	代表符号
月桂酸	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	$\text{C}_{12:0}$
豆蔻酸	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	$\text{C}_{14:0}$
棕榈酸	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	$\text{C}_{16:0}$
硬脂酸	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	$\text{C}_{18:0}$
花生酸	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{COOH}$	$\text{C}_{22:0}$

山茶酸  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{COOH}$   $\text{C}_{22}:0$

常见的不饱和脂肪酸：

名称          结构式                                  代表符号

油酸  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$   
 $\text{C}_{18}:1$

亚油酸  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2)_2(\text{CH}_2)_6$   
 $\text{COOH}$   $\text{C}_{18}:2$

亚麻酸  $\text{CH}_3\text{CH}_2(\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2)_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$   
 $\text{C}_{18}:3$

芥酸  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_{11}\text{COOH}$   
 $\text{C}_{22}:1$

花生四烯酸  $\text{CH}_3\text{CH}_2(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_4(\text{CH}_2)_6$   
 $\text{COOH}$   $\text{C}_{20}:4$

各种脂肪酸，由于其分子结构不同，表现出来的物理性质及化学性质不一样，不同脂肪酸组成的油脂，物理性质和化学性质也不一样。例如在不饱和程度相同的情况下，随着脂肪酸碳链的增长，凝固点和沸点升高，相同温度下的蒸气压降低，粘度升高。在碳链长度相同的情况下；脂肪酸的凝固点和沸点不断降低，相同温度下的蒸气压不断升高，粘度下降。就化学性质而言，不饱和脂肪酸比饱和脂肪酸活泼；不饱和脂肪酸中，不饱和程度高的比不饱和程度低的活泼。拿硬脂酸、油酸、亚油酸及亚麻酸为例，化学性质最活泼者为亚麻酸，其次为亚油酸，而硬脂酸最稳定。因而在与空气中的氧接触时，各种酸表现出来的稳定性也不一样。硬脂酸不被空气中的氧氧化，亚麻酸却最易被氧氧化生成氢过氧化物，然后再分解为醛、酮等化合物。

油脂的不饱和程度以碘价来表示。所谓碘价即加到 100 克油脂中的碘的克数。我们知道，不饱和脂肪酸能与卤素起加成反应，使双键饱和。同样量的油脂，加成反应所需的卤素愈多，则说明其双键愈多，不饱和程度愈大；反之，则不饱和程度愈小。常用油脂的碘价范围如下：

玉米油	103~130
棉籽油	101~115
花生油	84~100
菜籽油	97~108
大豆油	120~141
向日葵油	125~136
红花籽油	140~150
米糠油	98~110

## 2. 米糠油的脂肪酸组成

一种油脂的脂肪酸组成，就是组成这种油脂的各种脂肪酸的量与总脂肪酸量的百分比。每种油脂都有其自己的脂肪酸组成。现将米糠油及常见的几种食用油脂的脂肪酸组成列表如下

从表 4 可以看出：

(1) 米糠油中亚麻酸含量甚低，在 1% 以下。与菜籽油及大豆油相比要低得多。

(2) 米糠油中必须脂肪酸——亚油酸的含量仅次于豆油、棉籽油及红花籽油，比其它油都高。而且亚油酸含量与油酸含量比较接近，这是其它油脂不能比拟的。

(二) 米糠油中的游离脂肪酸

米糠油中的游离脂肪酸含量比一般植物油都高，这是由

表4 米糠油及其它油脂的脂肪酸组成

油脂名称	C <sub>14:0</sub>	C <sub>16:0</sub>	C <sub>16:1</sub>	C <sub>18:0</sub>	C <sub>18:1</sub>	C <sub>18:2</sub>	C <sub>18:3</sub>	C <sub>22:1</sub>
米糠油	0.4~ 1.0	12~18	0.2~ 0.4	1~3	40~50	29~42	0~1	/
棉籽油	1.1	23.6	0.5	3.0	21.0	50.3	微量	/
菜籽油	微量	2.9	0.2	1.5	29.1	18.5	9.7	38.1
大豆油	微量	10.6	微量	5.0	22.9	52.0	9.5	/
茶油	微量	8.9	微量	3.7	79.2	8.2	/	/
红花籽油	/	7	/	2	14	76	/	/
橄榄油	/	13	/	3	70	12	微量	/

于米糠中含有解酯酶致所。

油脂中游离脂肪酸含量的高低用酸价表示。所谓酸价即中和1克油脂中的游离脂肪酸所需要的氢氧化钾毫克数。每一个酸价相当于游离脂肪酸约0.5%。

毛糠油酸价的高低取决于入榨米糠的新鲜程度。入榨的米糠越新鲜，则所得糠油酸价越低，反之，则酸价越高。一般毛糠油酸价约20左右 高的达40。这些游离脂肪酸的组成基本上包括糠油中各种脂肪酸，惟饱和酸较中性油中略多一点。

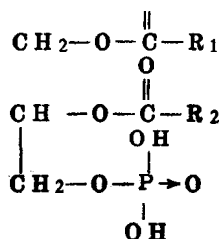
在油脂精炼的碱炼工段，游离脂肪酸将被除去。

### (三) 米糠油中的磷脂及其它胶质

1. 磷脂：毛糠油中含磷脂约0.4~0.5%，至于精糠油中磷脂的含量则随精炼方法而异，一般在0.04%以下。

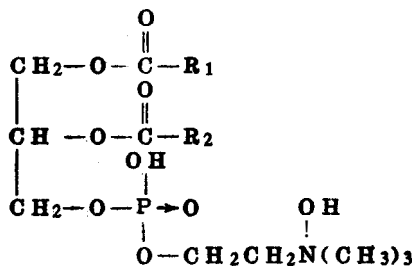
磷脂包括磷脂酸、卵磷脂、磷脂酰氨基乙醇，磷脂酰丝氨酸等。

(1) 磷脂酸：米糠油中含磷脂酸极少。其通式如下：



磷脂酸呈现酸性，能被水解成脂肪酸及甘油磷脂，在强酸性条件下，甘油磷酸能进一步水解为甘油和磷酸。磷脂酸能溶解于各种有机溶剂，包括丙酮。

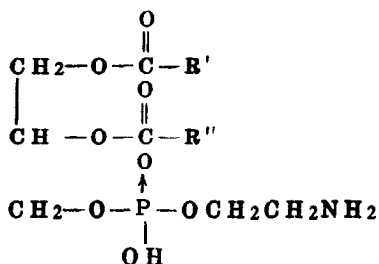
(2) 卵磷脂：卵磷脂又称脂胆汁碱，能溶于乙醇等有机溶剂，但不溶于丙酮。其通式如下：



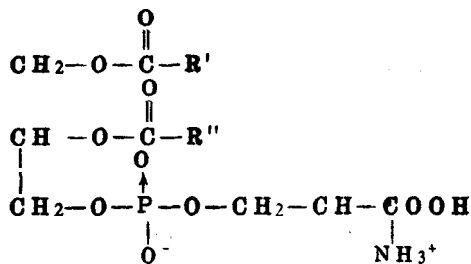
卵磷脂分子中有两个羟基，在磷酸上面的一个羟基呈酸

性 在氮上的一个羟基呈现碱性，因此可以成内盐形式存在，整个分子呈中性。

(3) 磷脂酰氨基乙醇：磷脂酰氨基乙醇又称氨基乙醇磷脂，它既不溶于丙酮，也不溶于乙醇。其分子通式如下：



(4) 磷脂酰丝氨酸：磷脂酰丝氨酸又称丝氨酸磷脂，显酸性，水解得丝氨酸与磷脂酸。它既不溶于丙酮，也不溶于乙醇。分子通式如下：



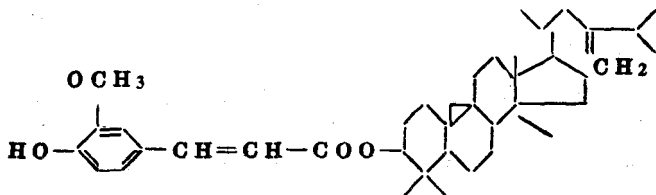
2. 其它胶质：毛糠油中除含磷脂外，还含有糖脂质及脂蛋白等胶质。米糠油中的糖脂质是由糖、甾醇及脂肪酸形成的复合脂质。在毛糠油中含量一般不超过0.5% 储存时多数能沉淀进入油脚。毛糠油中的脂蛋白含量很低，一般不超过0.1%。

#### (四) 难皂化物

所谓难皂化物是指比脂肪酸甘油三酯难以皂化的物质，米糠油中的难皂化物包括谷维素和糠蜡两种。

1. 谷维素：谷维素是以环木菠萝醇阿魏酸酯为主，其它甾醇类阿魏酸酯为辅的天然混合物。毛糠油中谷维素含量约为2~2.5%。它具有酚类物质的特性，能被碱性皂脚吸附，在甲醇溶液中具有碱溶酸析的特点。

24-亚甲基环木菠萝醇阿魏酸酯的结构式如下：



2. 糠蜡：毛糠油中含有2.5~4%的糠蜡。糠蜡的主要成分是高级脂肪酸与高级脂肪醇形成的酯。米糠蜡有硬蜡与软蜡之分，硬蜡的熔点为79~83°C，软蜡的熔点为71~76°C。

当米糠油处于室温时，大部分蜡从油中结晶析出，使油浑浊。所以米糠油精炼中有一脱蜡工序。精炼过的米糠油基本不含蜡。

#### (五) 不皂化物

毛糠油中的不皂化物包括维生素E、色素、角鲨烯、游离甾醇、游离脂肪醇等，其总的含量约为5%。在精炼过程中要损失一部分不皂化物，所以精炼过的米糠油含不皂化物只有2.5%左右。

毛糠油中维生素E的含量因稻谷产地及品种而异，一般为0.1%。在油脂脱臭时，约有50%的维生素E被馏出。维生

素E又称生育酚，它不仅在医学上具有很多功能，而且也是一种良好的天然抗氧化剂。

毛糠油中所含的色素主要为叶绿素及胡萝卜素、类胡萝卜素。叶绿素在油脂脱色时被白土吸附，类胡萝卜素在油脂高温脱臭时从油中馏出。

不饱和烃是自  $C_{25}$  至  $C_{34}$  的高度不饱和烃。角鲨烯是其中的一种，其分子式为  $C_{30}H_{50}$ ，米糠油中约含 0.3%。

游离甾醇中以  $\beta$ -谷甾醇为主，另外还有豆甾醇、菜油甾醇等。米糠油中的游离甾醇与其它植物油中的游离甾醇的组成见表 5

表5 米糠油及其它植物油各种甾醇的组成（%）

油 名	菜油甾醇	豆甾醇	$\beta$ -谷甾醇	芥甾醇
豆 油	15 ~19.9	13~21.7	58.4~72	0
棉 籽 油	4~13.4	0~ 1.3	85.3~96	0
菜 籽 油	30.1	0	56.8	12.2
米 糠 油	19.9~20	8~18	62.1~72	0
花 生 油	13	3	84	0
红 花 籽 油	13	6	8	0
玉 米 油	10	1	8.9	0

游离脂肪醇以蜂花醇为主，约占整个游离脂肪醇的45%，其次为蜜蜡醇、异蜜蜡醇、豆蔻醇等。

## 二、米糠油的理化性状

米糠油的物理化学性状大致如下：

比重： $15^{\circ}\text{C}/4^{\circ}\text{C}$	0.913~0.928
折光指数（ $20^{\circ}\text{C}$ ）：	1.4700~1.4740
色泽：（罗维朋1"槽）	红15~18，兰2~5 （毛油）
（罗维朋5.25槽）	红2.5~4.5，黄20~40 （精炼油）
粘度（恩氏粘度 $20^{\circ}\text{C}$ ）（分）	9~10
碘价：	98~110
不皂化物：毛糠油	3~5.5%
	精糠油2~3.5%
凝固点：毛糠油	5~-5 $^{\circ}\text{C}$
	精糠油-5~-10 $^{\circ}\text{C}$
脂肪酸凝固点：	24~28 $^{\circ}\text{C}$
脂肪酸平均分子量：	278~285
烟点：毛糠油	165~178 $^{\circ}\text{C}$
	精糠油：200 $^{\circ}\text{C}$ 以上

## 三、米糠油的营养价值

前面已经提到，米糠油的脂肪酸组成比较完全与合理，

油酸和亚油酸的比例比较接近，这是其它植物油所不能比拟的。除此以外，米糠油还有两大特征：一是具有良好的氧化稳定性，一是能显著降低人体的血清胆固醇。

### （一）米糠油的氧化稳定性

食用油脂放置时间久了以后就会出现哈味，我们称之为酸败。油脂酸败是自动氧化和水解作用的综合结果。

用过滤法除去油中的杂质，用水化脱胶法尽量脱除磷脂等胶质，再用真空脱水脱除水分，这样就可以防止油脂水解作用的发生。

油脂的自动氧化作用是油脂与空气中的氧气接触时在一定条件下发生的自由基反应。各种油脂自动氧化作用的快慢不一样，也即氧化稳定性不一样。为了表示油脂的氧化稳定性，油脂化学家们应用了AOM值这个概念。

什么是AOM值呢？

把油加热到 $97.8^{\circ}\text{C}$ ，以每秒2.2毫升的速度吹入空气使油氧化，油脂的过氧化值升到100毫克当量/公斤时所需的时间（小时）即为该油脂的AOM值。所谓过氧化值即每1000克油脂中存在的过氧化物的毫克当量数。

日本化学家曾对棉籽油、豆油及米糠油的氧化稳定性做过对比试验，其结果如图1所示。

由图1可见，米糠油的氧化稳定性比棉籽油及大豆油都好。

日本油脂化学家还对毛糠油、大豆油、菜籽油、棉籽油不同贮藏时间的过氧化值及酸价进行了测定，结果如表6所示。

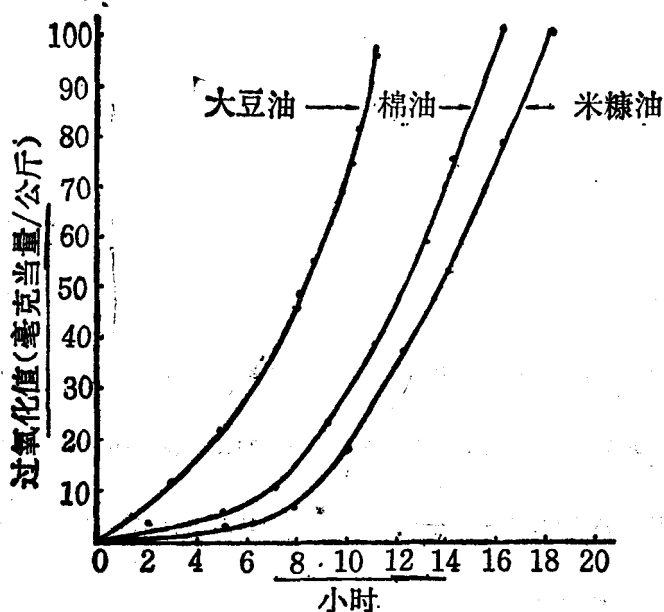


图1 各种食用油的氧化稳定性比较AOM

由表6可以看出，毛糠油贮藏150天后，过氧化值只有69.5，而大豆油贮存60天，过氧化值就上升到593.9，棉籽油贮存130天，过氧化值上升到287.4，菜籽油贮存120天过氧化值上升到116.0，说明米糠油的氧化稳定性最好。

为什么米糠油的氧化稳定性这样好呢？究其原因有如下三点。

### 1. 米糠油中的亚麻酸含量很低。

我们知道，影响油脂自动氧化物的因素很多，归纳起