

猪膘脂肪液化利用研究进展

张东明, 吴 潇, 马美湖

(华中农业大学 食品科技学院, 430070)

摘 要: 我国是世界养猪大国, 生猪屠宰后留下大量的脂肪与肥膘, 由于人们只看到猪脂肪的许多弊端和不可利用性, 而忽略了生猪脂肪的很多优点, 致使猪脂肪在我国目前未能很好利用。本文从猪油脂的组成和性质、应用途径及加工工艺等几方面探讨了猪油的开发利用及发展前景, 并对猪油脂液化工艺的研究进展进行了着重介绍。

关键词: 猪脂肪; 肥膘; 脂肪液化; 猪油脂

Research Progress of Utilization and Liquefaction of Lard

ZHANG Dongming, WU Xiao, MA Meihu

(College of Food Science and Technology, HuZhongAgriculturalUniversity, 430070, Wuhan, China)

Abstract: China is a great power in pig raising. A lot of porcine fat and lard were yielded because of live pig slaughtering. The lard had not be utilized adequately for the advantages, which was usually be neglected for the disadvantages and the unavailability of lard. The development and utilization of lard were discussed in the components and property of lard application and processing. The research progress of lard liquefaction was emphatically introduced in the article.

Key words: porcine fat; pig fat; fat liquefaction; lard

中图分类号: TS201.1 文献标识码: B 文章编号: 1001-8123(2009)05-0075-09

0 前言

我国是一个猪油资源十分丰富的国家。猪油来源于肥肉的炼制、制革行业及食品加工业等副产品。20世纪90年代以来, 我国肉类产量已跃居世界第一位。目前猪肉产量超过400000kt, 并在全国430多座大中城市建有现代化肉联厂1700家^[1]。近几年来, 猪肉产量大幅上升, 肉类产品的形式已呈多样化发展, 这势必会带来猪脂板油、五花油、肥膘肉、下腹肉等原料更为集中。并且, 长期以来猪油因其营养丰富、易消化吸收、能量高, 一直是大众化普及化的食用油脂之一, 但随着社会科学的发展和人们生活水平的提高, 人们越来越注重生活质量, 对油脂的要求亦非一般, 对肥猪肉的消

费越来越少, 因此含有较高胆固醇含量的猪油已经淡出了消费市场。这些都导致了猪油脂原料大量过剩, 因此, 猪油的利用开发日渐成为一个十分重要的课题^[2], 各地肉联厂也都面临如何开发利用猪油脂副产品提高经济效益的问题。

据研究表明, 在未经精制的猪油中, 平均每100g含胆固醇约100mg, 猪油中的胆固醇可以导致动脉粥样硬化以及其他一些心血管方面的疾病, 不宜大量食用^[3]。而一般植物油中亚油酸含量高, 且热稳定性差, 易产生过氧化物, 这种过氧化脂质易被分解为过氧化烯醛, 可能对酵素产生不活性及溶血性作用, 破坏红血球及肠肝肾等组织细胞, 而且因热分解而生成的油烟对心肺危害极大^[4]。并

收稿日期: 2009-03-04

作者简介: 张东明 (1985-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 畜产食品科学, 武汉, 华中农业大学食品科技学院 430070 E-mail: zhangdongming1016@126.com

通讯作者: 马美湖 (1957-), 教授, 主要从事肉类食品科学理论与技术研究, 武汉, 华中农业大学食品科技学院 430070 E-mail: mameihuh@yeah.com.cn

且猪油中的特有香味是其它植物油不能替代的，因此人们着手开发脱除胆固醇的保健液化猪油^[5]。

本文将从猪油脂原料特性、国内外猪油脂的研究概况、猪油液化工艺、应用途径几方面探讨猪油脂资源的开发利用及其发展前景。

一、猪肥膘脂肪的资源与原料特性

1 我国猪肥膘脂肪原料情况

(1) 肉联厂的生猪屠宰分割。如猪肾膜脂、肠间膜脂等，每头猪产板油(俗称)4~5 kg，五花油1.5~2 kg；在肉联加工厂内，由白条肉加工成冰鲜肉、冷冻肉、分割肉时，剩下的背腹部皮下脂肪如肥膘肉、下腹肉等。这些构成了猪油脂原料的主要部分。

(2) 市场回收。加工猪皮革时刮下的皮下脂肪及白条肉在市场上销售的下脚料。

(3) 骨髓脂、骨间脂、爪脂、猪大肠脂、肉联厂分割的含脂肉皮等熬制的猪杂油。

(4) 卫生检疫时截留的病腐猪炼制的油品，此外还有一些商贩收购的餐用植物油残液也被混作毛油原料。

第一种猪油脂原料可直接用来加工食用猪油，后几种原料只能加工工业油^[6]。

据统计，2007年我国生猪存栏4.40亿头，出栏5.65亿头，即每年猪板油产量约达到2.26~2.83千万吨，五花油产量约达到0.8475~1.13千万吨，而我国生猪产量仍成逐年上升趋势。由此可见，我国有着巨大的猪膘脂肪来源。

2 猪肥膘脂肪的理化特性及优缺点

2.1 猪肥膘脂肪的理化特性

猪油脂的主要成分是脂肪酸三甘油酯，同时还含有少量的磷脂、游离脂肪酸、胆固醇、色素等杂质。猪油脂的主要理化常数如下(见表1)：比重(15)0.915~0.923，熔点28~48，折光率1.4539~1.4610，碘值46~66 g/100 g，皂化值193~200 mg KOH/g，凝固点22~32。食用猪油呈白色或微黄，游离脂肪酸含量低；而工业猪油的色泽较差游离脂肪酸含量高。猪油脂的化学组成及特性同所用饲料和提取油脂的部位有很大关系。一般来说，猪外层皮下脂肪不饱和程度比内层的高，猪肾脏周围的脂肪酸较饱和，硬脂酸含量也最高。典型的猪油脂中所含有的各种脂肪酸含量及熔点见表2，其中肉豆蔻酸、棕榈酸、硬脂酸为饱和脂肪酸，熔点高；棕榈油酸、油酸、亚油酸为

不饱和酸，熔点低，较高的饱和脂肪酸含量使得猪油脂在室温下呈固态。

表1 猪油的主要理化常数

比重(15/15℃)	熔点/℃	折光率 $n_D^{60^\circ}$	碘值 1/100 g	皂化值 mg KOH/g	凝固点/℃
0.91~0.923	28~48	1.4539~1.4610	46~66	193~200	22~32

表2 猪油脂中各种脂肪酸含量及熔点

脂肪酸种类	分子式	含量/%	凝固点/℃	分子中不饱和和双键数目
肉豆蔻酸(十四烷酸)	$C_{14}H_{28}O_2$	1.3~3.0	53.9	0
棕榈酸(十六烷酸)	$C_{16}H_{32}O_2$	24~28	63.1	0
硬脂酸(十八烷酸)	$C_{18}H_{36}O_2$	12~18	69.6	0
棕榈油酸(十六烷酸)	$C_{16}H_{30}O_2$	3	-0.5~0.5	1
油酸(十八烷酸)	$C_{18}H_{34}O_2$	42~48	10.9	1
亚油酸(十八碳二烯酸)	$C_{18}H_{32}O_2$	6~9	-5.2	2
其它脂肪酸	—	2	—	—

2.2 猪肥膘脂肪的缺点及优点

猪油中含有肉豆蔻酸、棕榈酸、硬脂酸等饱和脂肪酸，未经精制的猪油中，平均每100 g含胆固醇约100 mg，猪油中的胆固醇可以导致动脉粥样硬化以及其他一些心血管方面的疾病，不宜大量食用^[3]。

但是，猪油脂与其它油脂相比有独特的优点，从《食品常用数据》中查得，我国人民合理的营养素中脂肪类比例：饱和酸与一个双键脂肪及多双键脂肪酸之比=1 1 1，各种食用油中，几种主要脂肪酸的含量比例(见表3)^[7]。

表3 几种主要脂肪酸的含量比

	饱和脂肪酸	油酸	亚油酸	三者比例
玉米油	10	28	12	1:2.8:5.3
红花油	8	15	72	1:1.6:6.9
大豆油	17	30	50	1:1.8:2.9
黄油	46	27	20	1:0.6:0.04
牛油	18	16	1	1:0.9:0.06
猪油	36	37	10	1:1:0.28
鸡油	5	6	3	1:1.2:0.6
牛奶	54	27	0.1	1:0.5:0.02

从表3中可以看出，猪油中几种主要的脂肪酸的比例为1 1 0.28，是一个比较好的比例。从这一点看，食用猪油脂优于其它植物脂。

研究发现油酸等单不饱和脂肪酸的热稳定性高，能降低有害的低密度脂蛋白胆固醇，相对提高

高密度脂蛋白胆固醇，有抗血管硬化作用；亚油酸热稳定性差，易产生过氧化物，可能对酵素产生不活性及溶血作用。近几年美国营养学会建议食用油脂的理想比例应是50%油酸、30%饱和酸、20%多不饱和酸，然而，由这些脂肪酸组成的天然油脂极少，因此可通过对猪油脂冬化分提以及植物油选择性氢化来获得营养保健油脂^[8]。

另外，猪肥肉中尚含有0.3%~0.5%的花生四烯酸。这种具有4个双键的不饱和脂肪酸，在植物油尚未发现。它有助于降低血脂水平（血脂升高常与机体发生动脉粥样硬化有关）。除花生四烯酸外，猪肥肉中还含有其它长链不饱和脂肪酸。如22碳多烯酸，这也是植物油中所没有的，它与人体神经系统和大脑组织的生长发育有关。由此可见，猪油脂在食品工业和人们的饮食上有非常大的作用，大有发展前途^[9]。

二、国内外猪肥膘脂肪的利用概况

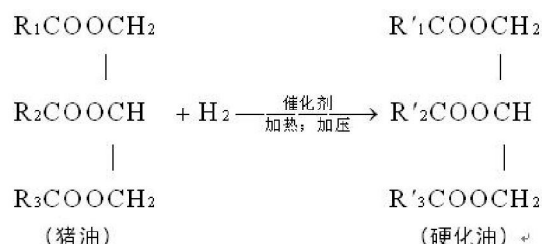
国内外对猪膘脂肪在食品行业和其能源化方面的开发利用也有大量研究。

1 猪油脂的化学改性

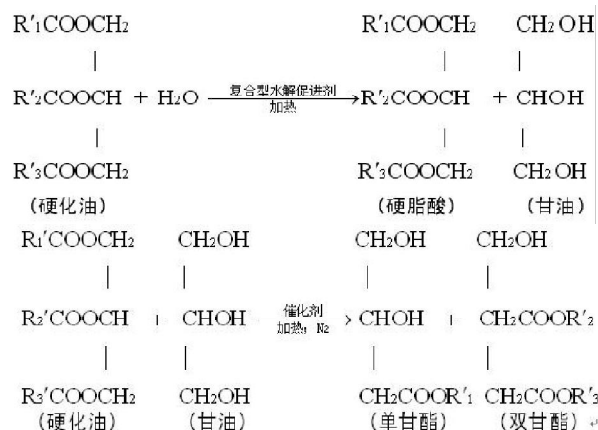
1.1 猪油脂的氢化

猪油在储存过程中容易被氧化变质，产生不利于人体健康的酸败物质。氢化反应是在镍等催化剂的作用下，直接将氢气加成到不饱和脂肪酸双键上（ $H_2C=CH_2+H_2 \rightarrow CH_3CH_3$ ）的一种化学反应^[10]。

猪油的催化氢化反应，可用下式表为^[11]：



硬化油的反应式如下：



D. Bochicchio 等人^[12]采用氢化的猪油来作为饲料的成分对猪在后期的育肥有很重要的作用，但是，猪油中的不饱和脂肪酸的含量较高，会影响猪皮下脂肪在生火腿加工时的长期的处理，因此采用氢化的猪油。但同样，氢化猪油的过程中会带来反式脂肪酸的含量的增加。

Calliauw G 等人^[13]采用了超临界流体氢化反应和电化学氢化反应来降低氢化油脂中的反式脂肪酸。研究表明，在超临界状态下，以丙烷和二氧化碳为溶剂，金属铂为催化剂，油脂与氢气均匀溶解后反应速度极快，且反式脂肪酸生成量降低。

1.2 猪油脂的氯化

猪油的氯化反应包括饱和脂肪酸的氯化、不饱和脂肪酸的加成，氯化猪油呈极性，亲水性加强，随着油脂中氯含量的增加，猪油的密度、粘度、耐寒性均有大幅度地提高，能改善皮革的加脂性能。

1.3 猪油脂的乙氧基化

以环氧乙烷为乙氧基化剂，采用KOH作催化剂，在130~140、 2×10^5 Pa的条件下，反应5~8h，得到的改性产品具有乳化的性能，用作皮革加脂剂时可避免产生油霜^[9]。

2 猪油脂的醇解

猪油脂醇解时所用的催化剂常见的有碱金属氢氧化物或低级醇碱金属盐、脂肪酸的金属盐、强酸或氨基酸金属盐等，醇解一般多为低级醇，常用的有甲醇、甘油等。

2.1 甲醇醇解

猪油的甲醇醇解是制备脂肪酸甲酯的常用方法，其原理是采用油脂与甲醇酯交换或脂肪酸与甲醇直接酯化可得到脂肪酸甲酯。前者成本较低，后者反应是可逆的，及时除去反应过程中生成的甘油（副产物）是提高转化率的关键。脂肪酸甲酯可与三氧化硫反应制得脂肪酸甲酯磺酸盐（一种合成洗涤剂的主要成分）^[3]。

Jike Lu 等人^[14]研究了以猪油为原料用固定化酶催化合成脂肪酸甲酯，加工1g猪油的最佳条件是：加入0.2g固定化酶，8mL正己烷作为溶剂，基于脂肪的重量加入20%的水，最适温度是40.8℃，并且分三次加入甲醇。

2.2 甘油醇解

脂肪酸单甘油酯是重要的W/O型乳化剂，在食品工业中其用量占有所有乳化剂的60%以上。工业上采用甘油醇解猪油，催化剂常用的有NaOH或

CH_3ONa (用量为油脂质量的 0.05% ~ 0.2%), 醇解温度为 180 ~ 250、时间为 2 ~ 5 小时, 通过分子蒸馏法或溶剂法、或超临界萃取法等提纯可得高纯产品。

3 猪油脂的水解

猪油通过水解反应可以制备脂肪酸、甘油等重要化工产品, 工业上常用常压酸性水解法、高压连续水解法及中压水解法^[15]等, 水解产率多在 90% 以上。近年来酶分离技术的发展, 多种脂肪酶催化剂已商品化, 促使猪油酶催化水解工艺日趋成熟^[16], 常见工艺及操作条件如下 (图 1, 表 5):

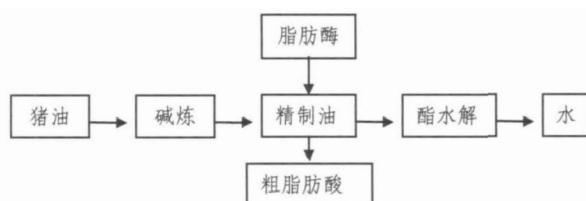


图 1 猪油酶催化水解示意图

表 4 猪油酶催化水解工艺参数

催化剂	催化剂用量	反应温度	反应时间	水解率
高纯脂肪酶	脂重的 0.05%	30℃ ~ 40℃	24 ~ 28 小时	95% ~ 98%

猪油酶催化水解条件缓和、能耗低、固载酶催化剂可以回收再用, 且水解产率高, 比常规方法约高低, 无三废污染等突出优点。

4 猪油脂的皂化

猪油在碱性条件下发生水解反应, 得到甘油及脂肪酸钠产物。以硬化猪油或精制后的猪油为原料, 加入含量为 20% ~ 25% NaOH 溶液, 并加入少量皂脚, 便于油的乳化。然后加热, 进行皂化反应皂化后, 用氯化钠溶液进行盐析处理, 经静置。上层是脂肪酸钠、水及未分解的油脂, 下层是氯化钠、甘油及杂质。上层液体分出后, 还需进行洗涤、碱析, 使未水解的油脂充分皂化分解。所得的脂肪酸钠为肥皂、香皂产品的生产原料; 而所有的洗涤水及下层水相经收集后, 成为稀甘油废液, 含甘油 4% ~ 20%、脂肪酸盐 8% ~ 20% 及一些杂质再经沉淀、过滤、碱处理、脱色、离子交换、浓缩、蒸馏后。制得甘油产品猪油是一种不干性油, 是良好的制皂原料之一^[17-18]。

5 猪油脂的精炼^[19-20]

猪油脂的提炼有干法和湿法等多种工艺。干法熬制 (俗称火炼) 过程常加入一些动植物油, 经

改善熬制物料的受热均匀性, 有出油率低、色泽加深和过氧化值升高的缺陷。湿法提炼又有低温的高温操作两种形式, 低温炼油需采用离心机除渣分水, 设备投资较大, 但此法获得的猪油色泽洁白、油品质量好; 高温湿法提炼则是应用最多的方法, 熬制时, 将 405 ~ 608 KPa 的水蒸汽直接通入油脂提炼罐, 保持温度在 140 ~ 160 约 3h, 减压后排汤分油, 所得猪油脂香味浓郁, 色泽稍黄, 但出油率要高得多。目前我国大多数肉联厂采用的都是高温湿法提炼, 其工艺流程如下:

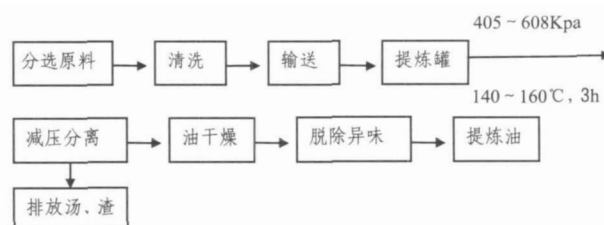


图 2 猪油高温湿法提炼工艺流程

选用新鲜洁净猪板油、五花油、肥膘肉用湿法提炼可直接获得食用一级或二级猪油脂。但得到的猪油往往颜色深、水分杂质多、酸价高, 易酸败, 不能直接食用。食品工业和肥皂、香皂基的油脂对猪油的应用均需要对初级的提炼油进一步精制。猪油脂精炼工艺流程如下:



图 3 猪油脂精炼工艺流程图

6 粉末猪油的开发

粉末油脂是由油脂、蛋白质、碳水化合物、乳化剂、抗氧化剂等成分, 经特殊工艺加工混合的一种油脂产品, 它既保持油脂的固有特性, 又能弥补传统油脂的不足之处, 还能增加一些新的特性^[21]。它具有受温度变化小, 与其它粉体原料混合时分散性较好, 可延长食品的保存期, 改善食品的品质, 水溶性好, 便于携带和运输等一系列优点。

目前, 粉末油脂的制造方法分为五种: 固化粉碎法、喷雾冷却法、分子微胶囊法、吸附法、喷雾干燥法 (乳化被覆法) 等。

连政国等人^[22]采用了喷雾干燥法制作粉末油脂。实验中选择了合适的复合乳化剂; 确定了乳化剂添加量、乳化温度、乳化时间和乳化液中水的添加量等工作参数, 用电子扫描和抗氧化性试验对产品的质量进行了分析。操作时将猪油、选定的乳化

剂和被覆油料用的大豆蛋白、淀粉、糊精等壁材在一定条件下混合,经捣碎、均质、喷雾干燥得到粉末油脂成品。喷雾干燥法的工艺流程如下:

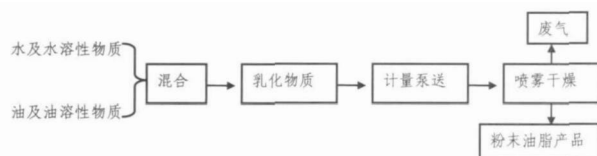


图4 喷雾干燥法制粉末猪油工艺流程图

7 利用猪油开发生物柴油

生物柴油是由动、植物油脂与短链醇经酯交换反应而获得的脂肪酸单酯,可生物降解,燃烧性能与0#柴油相似,排放性能大大优于石油柴油,做为可再生的替代能源在世界上已经引起了广泛关注^[23]。

目前国内外对生物柴油的生产和研究,主要以植物油脂或废弃食用油为原料,而对利用动物脂肪为原料的研究却鲜有报道^[24]。而对于动物油脂作为生物柴油原料的研究,国外一般使用牛油和废弃油脂^[25-26],而国内对废弃油脂研究比较多,相比之下,对于猪油作为生物柴油的原料研究较少^[27]。且上述工作主要集中在以甲醇为酰基受体的转酯化工艺研究方面工艺,由于甲醇和反应副产物甘油对酶的毒害作用,在生物柴油的大规模生产上受到限制^[28]。

目前生产生物柴油最成功的方法是转酯法,也叫酯交换反应或醇解,脂肪酶催化猪油转酯合成液化的猪油,其是在酸、碱或酶的催化下用另一种醇置换甘油三酯中的醇,目的也是为了降低动植物油的黏度。而酶催化剂是现在的酶法制备生物柴油的瓶颈。

Ying Huang等^[29]采用了Novozym435(非特异性的)and Lipzyme TLIM(1,3-特异性)两种酶的混合使用通过酯交换的方法从猪油中提取液态油脂,这种方法提取的油脂一般用于作为柴油机的动力燃料。他们的运用了响应曲面这个工具来取得最佳的工艺条件。最佳生产条件是脂肪酶与油的比例为0.04:1,Novozym435酶与总酶的比例是0.49:1,叔丁醇和油的体积比为0.55:1,甲醇与油的摩尔比为5.12:1,反应20h之后,甲酯的得率是97.2%。

Gwi-Taek Jeong等^[30]在利用猪油生产生物柴油的实验中应用了响应曲面来对实验进行优化,对五水平三因素和它们互相的影响进行了分析。本实验共进行了20项独立实验以研究反应温度、催化

剂量、油和甲醇的摩尔比对实验结果的影响。数据模型表明在优化条件为,反应温度65℃,催化剂量占1.26%,油和甲醇的摩尔比为7.5:1,反应时间为20分钟的情况下猪油生物柴油的转化率最高可达到98.6%。应用这些优化条件进行了三个独立的重复实验,所得的平均产率为97.8%。同时以猪油为原料加工而成的生物柴油质量也完全符合相关标准。

Yomi Watanab^[31]、Mamory Iso等^[32]将猪油与菜籽油按比例混合,取30g混合油脂、乙醇6g(油乙醇约为1:6摩尔比)、20mL1,4-二氧六环(相当于30g油脂的体积),装入碘量瓶中混合均匀,并置于可自动控温的往复水浴摇床中加热至反应温度后,加入脂肪酶(酶总的活力单位为300单位)开始反应,经一定时间后反应结束,离心去除不溶性杂质,回收乙醇、1,4-二氧六环、未反应的油脂和工业用脂肪酶后得生物柴油粗产品。

Dias, Joana M等^[33]研究了将植物油与动物油的混合物生产生物柴油对产品组分和质量的影响。使用废弃的动植物油进行酯交换既有利于环境保护又可以降低生物柴油的生产成本。

Canoira, Laureano等^[34]也对使用低成本动物油脂生产生物柴油的工艺及产品性能特点进行了研究。并运用流程模拟软件分析了将其工业化生产方案的可行性,分析结果表明使用没有其它用途的低价格动物油脂生产生物柴油具有可行性,并可降低对植物性原料的依赖性。

8 低胆固醇保健猪油的开发

猪油同其它动物油脂一样,含有能导致高血压、心血管病的胆固醇,在未经精制的猪油中,平均每100g含胆固醇约100mg,大量食用不利于健康,但其特有的香味又是其它植物油不能替代的,因此人们着手开发脱除胆固醇的保健猪油。

在经济发达,肉、蛋、奶消费量大的欧美国家和日本早已开展了脱除食物中胆固醇的研究,有些方法已经用于实际生产,但实际应用尚存在许多缺陷,例如,有机溶剂法所用溶剂会残留在油中,蒸气法对设备的要求太高,超临界二氧化碳法投资很大,分子蒸馏法很难实现工业化等等^[35]。这方面发表的文献很少,多经专利形式报道,并主要用于蛋、奶方面^[36]。

江正强等^[37]研究了用胆固醇氧化酶脱除猪油中的胆固醇的新工艺,使用猪肥膘和板油为原料,卵磷脂为乳化剂,磷酸溶液为缓冲溶液,使用胆固醇

氧化酶脱除猪油中的胆固醇。试验得出用胆固醇氧化酶脱除猪油中的胆固醇，其工艺条件为：酶用量 $1.0 \times 10^{-3} \text{u}(\text{酶单位}) \cdot \text{g}^{-1}$ ，作用时间 4h，乳化剂用量 2%。脱除胆固醇后猪油的理化指标仍符合国家规定的食用猪油标准。该方法具有高效、安全可靠和反应条件温和等特点，同时不影响脂肪酸的变化。试验工艺流程图如下：

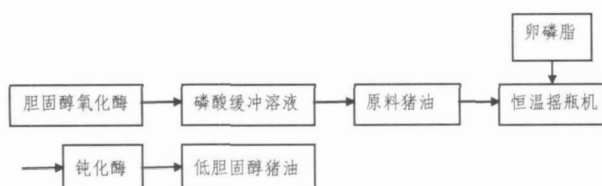


图5 胆固醇氧化酶脱除猪油胆固醇工艺流程图

陈少东^[38]等采用富含黄酮类化合物的药食兼用的中草药在适当条件下，对猪油进行炼制，使之胆固醇脱除，并延长保质期。将板油炼熟，按比例与烧碱调和，再配入中草药，在三口瓶中加热至 $100 \sim 120$ ，不断搅拌，在真空度 $0.09 \text{MPa} \sim 0.10 \text{MPa}$ 下，反应约 0.5h 然后置于水浴，冷却至 $70 \sim 80$ ，倒出，趁热过滤，得精油。经以中草药炼制所得猪油产品，其胆固醇基本上可以脱除，其气味、酸值、过氧化值等各项指标均合格，保存期在一年以上，未精制的约半年。

三、国内外猪膘脂肪液化技术研究进展

出于对猪油的喜好，人们一直期望能既保持猪油特有风味，又能像植物油那样在室温下成液体能滴加调味。猪油中几种主要的脂肪酸的比例为 1 : 1 : 0.28，是一个比较好的比例。从这一点看，食用猪油脂优于其它植物油脂。近几年美国营养学会建议食用油脂的理想比例应是 50% 油酸、30% 饱和酸、20% 多不饱和酸，然而，由这些脂肪酸组成的天然油脂极少，因此可通过对猪油脂冬化分提以及植物油选择性氢化来获得营养保健油脂^[8]。

1 猪膘脂肪液化的机理

典型的猪油脂中所含有的各种脂肪酸含量及熔点见表 2，其中肉豆蔻酸、棕榈酸、硬脂酸为饱和脂肪酸，熔点高；棕榈油酸、油酸、亚油酸为不饱和酸，熔点低，较高的饱和脂肪酸含量使得猪油脂在室温下呈固态。猪油的凝固点一般在 $22 \sim 32$ ，室温下即成固体脂。液化猪油是指将猪油中碘值低、饱和脂肪酸酯含量较高的部分除去，使在常温下呈液态的部分留下。从组成上看

主要应脱除凝固点较高的饱和脂肪酸棕榈酸和硬脂酸。

2 猪膘脂肪液化的方法

猪油的液化工艺一直是猪油脂综合利用的一个重要的方面，从猪油中分离制备液化猪油也是猪油在食品工业中应用研究重点之一，国内外许多学者在此领域都有研究。国内最初是 1995 年上海交大^[39]为寻求利福霉素发酵的消泡剂而对液化猪油进行的研究。

液化猪油主要有三种方法，第一种是用分离的方法，分离除去猪油中碘值低、饱和脂肪酸酯含量较高的部分，使在常温下呈液态的部分留下；第二种是将猪油与植物油在一定条件下相互酯化；第三种是脂肪酶催化猪油转酯合成液化的猪油。

第三种方法目前只应用于生物柴油的研究中，有关研究进展在前文已介绍，所以现主要介绍前两种方法。

2.1 分离法制取液化猪油

油脂分离的工业化方法有自然结晶分离法、乳化法分离和溶剂结晶法，这三种方法各有特点和不足之处，一般主要用溶剂结晶法和乳化法来分离液化猪油，这两种方法的产油率较高，并且比较适合工业化生产。

2.1.1 溶剂结晶法制取液化猪油^[39]

溶剂结晶法分离为一种高效的工业化分离方法，具有得率高和产品质量好的特点，关键在于使油脂溶解于合适的溶剂中，在溶液冷冻结晶时，由于溶液黏度的大大下降，从而更有效地分离高熔点脂晶体。溶剂法的缺点是溶剂回收投资大，成本高。该方法所得液化猪油（即液相脂）性状为：淡黄色澄清液体、碘值为 75.2、凝固点 18.2 、得率为 72%。

该方法由于加入丙酮等有机溶剂而不适合用于生产可食用液化猪油。

溶剂结晶法液化猪油原理：张雪洪等^[39]就如何提高分离效率和液化猪油得率进行研究，发现在溶剂中添加少量添加剂可以提高液化猪油得率，并可降低液化猪油的凝固点，类似于降凝剂（PPD）降低原油的凝固点、黏度等，改善其低温流动性能^[40]。在原料脂肪中加入溶剂丙酮，冷却结晶后离心分离可分为固相和液相两相脂肪。

溶剂结晶法工艺流程：

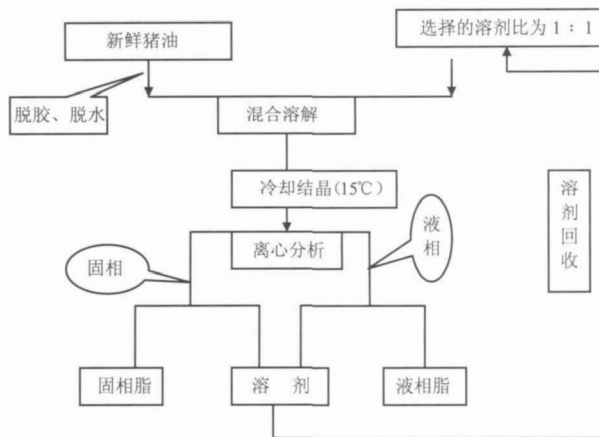


图6 溶剂结晶法制取液化猪油工艺流程

溶剂结晶法工艺条件的优化：根据液化猪油的特性和用途，选择丙酮作为溶剂，丙酮属于极性溶剂，结晶分离的温度较高，易于分离。且丙酮沸点低，易于蒸发回收。实验表明应选择丙酮的溶剂比为1:1左右，此时操作的成本较低，分离效果较理想，液化猪油的凝固点和碘值及透明度等符合产品要求，且得率较高。

同时，添加剂对溶剂分离也有影响。不同添加剂浓度对溶剂法分离的影响如表6。

表5 不同添加剂对溶剂法分离的影响

添加剂浓度% (W/W)	0	0.25	0.5	1.0	1.5
液化猪油凝固点 (℃)	18.2	16.7	16.8	17.7	17.0
液化猪油得率%	72	90	91	89	83

2.1.2 乳化法从猪油中分离液体猪油

张金廷等^[41]为制取单不饱和油酸酯含量高的保健猪油，采用乳化法从猪油中分离出液体猪油。他们选用十二醇磺酸钠为乳化剂， $MgSO_4$ 、 Na_2SO_4 作电解质，获得凝固点在12℃，得率85%的液体猪油^[51]。所得实验结果如表7，产品理化数据如表8。

表6 乳化法分离液体猪油所得结果

编号	1*	2	3	4	5	6	7	8*	9*	10*	11*
环境温度℃	12	18	22	19	18	19	19	19	19	19	19
物料温度℃	18	18	20	18	18	18	19	19	19	19	19
分离时间min	5	5	3	3	2	3	3	3	3	3	2
转速r/min	3	3	3	3	3	2	2	3	3	2	2
液相得率%	分不出	80	95	86	85	85	85	分出少许	75	84	73

备注：1* 原料油IV58，分离时间长，油精已近凝固点；8* 表面活性剂太多，电解质太少；9* 对8调节电解质含量到3%；10* 对8被乳化后重新配制调节乳化结晶液；11* 提高表面活性剂浓度到0.8%，电解质2.5%配料比为1:1.3。

表7 产物理化数据

项目	原料	油精	硬脂精
酸价	1.2	0.34	0.35
碘价	62.5	70.8	55
皂化	197.1	197.4	197.3
凝固点 (℃)	29	12	33.6
滴点 (℃)	白色蜡状固体	8	
色泽外观		澄清淡黄色液体	白色蜡状固体

乳化法分离液体猪油原理：原料猪油中加入润湿剂溶液后搅拌、离心分离，乳状油粒可出现分层，溶液分为固相和液相。

乳化法工艺流程：

原料猪油→冷结晶→润湿剂润湿→控制调整结晶→

离心分离
 液相→水洗分离→粗制液体油→精炼→精制液体猪油（油精）
 固相→加热→固体脂→水洗→水洗固体脂→精炼→精制固体猪油（硬脂精）
 润湿剂（可回用）

图7 乳化法分离液体猪油工艺流程

将原料猪油逐渐冷却到凝固点之上5℃左右，加入相同温度为油量的0.5~1.2的润湿剂溶剂，不断地慢速搅拌，待出现润湿的乳状油粒时，保温10~30min，平均分装于离心试管中，在1500~3000转下分离2~5min。取出试管则物料分为三相，即上层清晰的液状油，中间为白色的固相脂，下面为精制液体猪油。将中间层固体脂挖出加热至90℃，倒入量筒计量油层体积，再乘以0.9所得量为固体脂得率。

合并粗制液体猪油，经水洗除去润湿剂，经碱性剂脱酸，脱色剂真空脱色，得到精制液体猪油。

全并固体脂，经水洗碱性剂脱酸，脱色剂真空脱色，得到精制固体脂猪油。

乳化法工艺条件的优化：由于原料的不同，其油精得率差别极大。环境温度升高、乳化润湿物料温度升高，分别使油精得率高。但油精碘价偏低，凝固点升高。电解质太少或太多都会使分离困难。当原料碘价低时，表面活性剂的量要适当增加。离心机转速升高，三相界面清晰则油精得率有所增加，但在一定的转速范围内并没有太大的影响。在一定的物料乳化润湿条件下，在2~5min分离时间内，油精得率并没有显著的变化。作为表面活性剂椰子油醇硫酸钠与月桂醇硫酸钠相比，后者产物得率有所增加：硫酸钠与硫酸镁相比，后者用量少，效果好。

2.2 酯化法制液体猪油^[42]

猪肥膘游与菜子油相互酯化，可以减少油脂

中的饱和脂肪酸。猪肥膘油先在 190 ℃ 对用一个大气压的氯化与 0.3 % 镍催化剂氢化,然后将 35 % 氢化猪肥膘油与 55 % 菜籽油混合,在 115 ℃ 用 0.15 % 乙醇钠作催化剂使其反应互相酯化^[52]。整个过程可在 1 分钟内完成。

四、前景与展望

猪油脂来源较广、价格较低廉,它是脂肪酸工业及其它许多工业的重要原料。在能源化方面,结合当前先进的生化技术,研究开发生物酶催化水解、酯交换等洁净生产环保型技术降低生产成本及能耗,这方面是很有市场前景的。在食品工业,如何开发利用猪油脂副产品提高经济效益是目前各地肉联厂普遍面临的问题。由于猪油的营养丰富,与一般植物油相比,有不可替代的特殊香味,可以增进人们的食欲。动物油中含有多种脂肪酸,饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸的含量相当,几乎平分秋色,具有一定的营养,并且能提供极高的热量。因此开发低胆固定醇猪油和液化猪油成为猪油脂在食品工业的研究重点。液化的猪油保留了原来猪油的大部分优点,如果我们能够将液化猪油的商品推向市场,则必然能够站稳脚跟,使其重新成为大众餐桌上主流食用油。

参考文献

- [1] 中国食品公司. 中国肉类生产和加工的现状与展望. 肉类研究, 1996 (3): 3~4.
- [2] 符剑刚, 钟宏. 猪油的开发利用. 粮油食品科技, 2003.4: 28-30.
- [3] Rui Yao, Xiang Cheng, Yong Chen. Molecular mechanisms of irbesartan suppressing atherosclerosis in high cholesterol-diet apolipoprotein E knock-out mice. 2008.
- [4] 张金廷, 苏屹宾, 袁鹤吟. 乳化法从猪油中分离液体猪油. 粮食与油脂, 1998 (4), 12.
- [5] Best D. New technology for cholesterol reduction. J of Food Processing, 1989, (12): 156.
- [6] 张颂培. 猪油脂的开发及其在食品中的应用. 肉类工业, 2002.4.
- [7] 连政国, 沈再春. 猪油脂加工的新途径. 食品机械, 1996 (6): 13.
- [8] 章朝晖, 龙罡, 黄静. 猪油资源的深加工. 中国油脂, 2001 (4): 40.
- [9] 周雪凯. 猪油的利用. 中国油脂, 1994, 1.
- [10] Naglic M, et al. Fatty acid hydrogenation[J]. J.

Chromatogr A, 1997, 767: 335.

- [11] 秦玉楠. 猪油氢化及其综合利用新工艺[J].
- [12] D. Bochicchio, V. Faeti, G. Marchetto. Effect of feeding partially hydrogenated lard on trans-fatty acid content of muscle and backfat of heavy pigs. Meat Science 71 (2005) 651-656
- [13] Calliauw G, De Greyt W, Foubert I, Dijckmans P. Fractions via static fractionation via static fractionation [C]. 26 th World Congress and Exhibition of the ISF, 2005.
- [14] Jike Lu, Kaili Nie, Feng Xie, Fang Wang, Tianwei Tan. Process Biochemistry 42(2007)1367-1370
- [15] 章朝晖. 猪油的化学处理与利用[J]. 精细石油化工进展[J]. 2000, 1(11): 28~32.
- [16] 姚蒙正. 精细化工产品合成原理[M]. 北京: 中国石化出版社, 2000(第二版). 595-597.
- [17] 梁梦兰. 表面活性剂和试剂制备、性质 应用 北京: 科学技术文献出版社. 1990: 30~40.
- [18] 吕边博. 肥皂生产的基本知识. 北京: 轻工业出版社. 1978: 87~90, 206.
- [19] 苏望懿. 油脂加工工艺学[M]. 湖北科学技术出版社. 1997. 211~225.
- [20] 吴苏喜. 猪杂油精制工艺的研究. 中国油脂, 2000, 25(3): 28~30.
- [21] 吴茹根等. 粉末油脂的研制. 中国油料, 1993, 3.
- [22] 连政国, 沈再春. 粉末猪油脂的研制[J]. 莱阳农学院学报, 1996, 13(3): 217~221.
- [23] Ayhan Demirbas. Progress and recent trends in biofuels [J]. Progress in Energy and Combustion Science, 2007, 33: 1-18.
- [24] Ghassa M, Tashtoush, Mohamad I, Mohammad M, et al. Experimental study on evaluation and optimization of conversion of waste animal fat into biodiesel[J]. Energy Conversion and Management, 2004, 45: 697-2711.
- [25] Alcantara R, Amoms J, Canoir L, et al. Catalytic production of biodiesel from soy-bean oil, used frying oil and tallow. Biomass and Biocnergy 2000. 18: 515~527
- [26] Mustafa C. The potential of restaurant waste lipids as biodiesel feedstocks. Bioresource Technology. 2007, 98: 183-190
- [27] 黄瑛, 郑海, 闫云君. 叔丁醇体系中动物油脂制备生物柴油. 北京化工大学学报, 2007, 34(5): 549-552. Huang Y, Zhong H, Yan Y J. Journal of

- Beijing University of Chemical Technology , 2007 , 34 (5):549 ~ 552.
- [28] Dossat V , Combes D , Marry A , et al . Continuous enzymatic transesterification of high oleic sunflower oil in a packed bed reactor: influence of the glycerol production . Enzyme and Microbial Technology, 1999 , 25:194 - 200 .
- [29] Ying Huang, Hai Zheng, Yunjun Yan. Optimization of Lipase-Catalyzed Transesterification of Lard for Biodiesel Production Using Response Surface Methodology. Appl Biochem Biotechnol DOI 10.1007/s12010-008-8377-y
- [30] Gwi-Taek Jeong , Hee-Seung Yang , Don-Hee Park . Optimization of transesterification of animal fat ester using response surface methodology[J]. Bioresource Technology 100 (2009) 25 - 30
- [31] Yomi Watanabe , Yuji Shimada . Conversion of degummed soybean oil to biodiesel fuel with immobilized Candida antarctica lipase[J] . Enzymatic . 2002(17):151 - 155 .
- [32] Mamory Iso , Gaoxue Chen . Production of biodiesel fuel from triglycerides and alcohol using immobilized lipase[J] . Journal of Molecular Catalysis B Enzymatic , 2001 , 16:53 - 58 .
- [33] Dias, Joana M. Alvim - Ferraz , Maria C. M. Almeida , Manuel F. Mixtures of Vegetable Oils and Animal Fat for Biodiesel Production: Influence on Product Composition and Quality[J]. ENERGY & FUELS. 2008, 22, 6
- [34] Canoira, Laureano. Rodriguez - Gamero, Miguel. Querol, Enrique. Querol, Enrique. Alcantara, Ramon. Lapuerta, Magin. Oliva, Fermin. Biodiesel from Low - Grade Animal Fat: Production Process Assessment and Biodiesel Properties Characterization[J]. INDUSTRIAL & ENGINEERING CHEMISTRY RESEARCH. 2008 , 47 , 21 .
- [35] Best D . New technology for cholesterol reduction J of Food Processing. 1989. 50(12) : 156 - 160 .
- [36] Wrezel P W . Methods for removing cholesterol from edible oils. U S . A 23 DS / 00, S128, 162. 1992 07 - 07 .
- [37] 江正强, 沈再春, 阎巧娟. 用胆固醇氧化酶脱除猪油中的胆固醇[J]. 中国农业大学学报, 1996, 2(1).
- [38] 张雪洪, 唐涌濂. 液化猪油的溶剂分离研究. 日用化学工业, 1996, (5): 19.
- [39] 陈少东, 邓小莲, 谢光盛, 魏纯. 低胆固醇保健猪油的研制[M]. 中国油脂, 1999, 24(2) .
- [40] John S. Manka , Kiml Ziegler. Factors affecting performance of crude oil wax - control additives. Energy Industry. 2001.
- [41] 张金廷, 苏屹宾. 乳化法从猪油中分离液体猪油. 粮食与油脂, 1998, (4): 21.
- [42] 朱曜. 猪肥膘油的改性及其应用[M]. 肉类工业, 1995, 9.

.....

(上接第 70 页)

- [4] Troller J A. Christien J B. Water Activity and Food. N Y: Academic Press, 1978.
- [5] Gould G W. Present State of Knowledge of Water Effects on Microorganisms. In: Properties of Water in Foods, D. Simatos and J. L. Multon (Eds). Martinus Nijhoff Pub., Dordrecht, The Netherlands. 1985. 229 .
- [6] Scott W J. Water Relations of Staphylococcus Aureus at 30 °C. Aust. J. Biol. Sci. 1953, 6: 549.
- [7] Scott W J. Water Relations of Food Microorganisms. Adv. Food Res. 1975, 7: 83.
- [8] Lewis G N, Randall M. Thermodynamics 2nd ed., N Y: MacGraw - Hill, 1961.
- [9] Iglesias H A. Chirife J. On the Local Isotherm Concept and Modes of Moisture Binding in Food Products. J. Agric. Food Chem. 1976. 24: 77.
- [10] Burgess H M, Mellentin R W. Animal Food and Method of Making the Same. U S Patent 3,202,514. 1965, Aug. 24
- [11] Labuza T P. Properties of Water as Related to the Keeping Quality of Foods. In: Proceedings 3rd International Conference on Food Sci. and Technol., SOS70, Institute of Food Technologists, Washington, DC, 1970, 618.
- [12] 吴凡. 《肉制品水分活度及测定方法》[J]. 食品卫生, 1995, (4): 19 - 21.
- [13] 关志苗. 水分活度及其在水产食品保藏上的意义[J]. 水产科学, 1996, (15): 35.
- [14] 邓鹏, 程永强, 薛文通. 油脂氧化及其氧化稳定性测定方法[J]. 食品科学, 2005, (26): 197.