

# 第一章 酱油生产工艺

## 第一节 概述

酱油又称“清酱”或“酱汁”，是以植物蛋白及碳水化合物为主要原料，经过微生物酶的作用，发酵水解生成多种氨基酸及各种糖类，并以这些物质为基础，再经过复杂的生物化学变化，形成具有特殊色泽、香气、滋味和体态的调味液。近代研究表明，酱油中不仅含有丰富的营养物质，而且含有许多生理活性物质，且有抗氧化、抗菌、降血压、促进胃液分泌、增强食欲、促进消化及其他多种保健功能，是人们日常生活中深受欢迎的调味品之一。

我国是酱油及酱类酿造的故乡。远在周朝时期就有酱的记载，直到唐朝才由鉴真和尚将酱油的制法传到日本。经过几千年的实践，我国劳动人民积累了丰富的制曲和发酵经验。大约东魏年间（533～544年），由贾思勰撰写的《齐民要术》是世界上现存最早的、系统而全面的酿造典籍，全书共10卷、92篇。卷八、卷九专门记述了包括曲、酱、醋、豉等酿造调味品的生产技术，并一直影响到现在。例如日本现代生产的味噌（豆酱）至今尚保留着《齐民要术》中叙述的制酱工艺。

酿造酱油的生产，主要以大豆或豆粕等植物蛋白质为主要原料，辅以面粉、小麦粉或麸皮等淀粉质原料，经微生物的发酵作用，成为一种含有多种氨基酸、适当食盐及具有特殊色泽、香气、滋味和体态的调味液。

酱油在人们生活及国民经济中占有重要地位，被誉为开门七件事之一。我国酱油产量年产已达500万t以上，居世界第一。酱料厂遍布全国各县市。由酱油、酱料派生出来的各种调味品琳琅满目，是我国饮食文化的一个重要组成部分。随着科学技术的发展和各级政府部门的重视，酱油生产的技术水平、产量、质量和花色品种还将会有更大的发展和提高，以满足人们生活的需要。

### 一、酱油中风味物质的来源

酱油中的风味物质十分复杂，其来源主要由原料中的蛋白质、淀粉等大分子物质经微生物酶水解后生成的各种次级产物和小分子最终产物，微生物在发酵过程中产生的代谢产物，以及这些物质之间所产生的十分复杂的生物化学、化学反应的产物。因此，酱油中有多种氨基酸、糖、有机酸、酯类、醇类、维生素类、黄酮类等物质和天然的棕红色素。其物质来源主要是原料中的大分子物质及其水解物。

#### 1. 蛋白质的水解

原料中的蛋白质经米曲霉等微生物分泌的蛋白酶和肽酶的作用而分解成蛋白胨、多

肽、二肽等中间产物，最终生成各种氨基酸。其中有些氨基酸如谷氨酸、天门冬氨酸等有鲜味，是酱油鲜味的重要成分，而酪氨酸、色氨酸和苯丙氨酸氧化后可生成黑色素，是酱油色素的来源之一。

## 2. 淀粉的分解

原料中的淀粉经米曲霉等微生物产生的液化型淀粉酶和糖化型淀粉酶作用后，生成糊精、麦芽糖，最终生成葡萄糖。葡萄糖经酵母菌、乳酸菌等微生物发酵，又可产生多种低分子物质，如乙醇、乙醛、乙酸、乳酸等。这些物质既是酱油中的成分，又可与其他物质作用生成色素、酯类等香气成分。

## 3. 脂肪的分解

原料中少量的脂肪可经微生物产生的脂肪酶水解成甘油和脂肪酸。脂肪酸又通过各种氧化作用生成各种短链脂肪酸。这些短链脂肪酸是构成酱油中酯类的原料来源之一。

## 4. 纤维素的分解

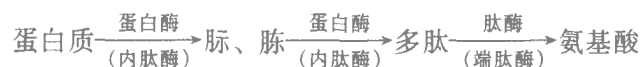
有些微生物可产生纤维素酶，纤维素酶可将原料中的纤维素水解为可溶性的纤维素二糖和  $\beta$ -葡萄糖，并进一步生成其他低分子物质或高分子物质。如与氨基酸作用生成色素等。

# 二、酱油中色、香、味物质的生成机理

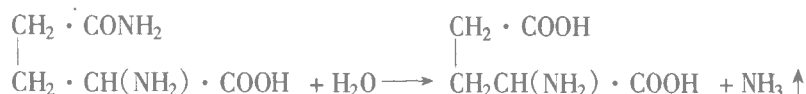
## 1. 基础物质的形成

酱油发酵过程中所产生的一系列极其复杂的化学变化，与微生物学和生物化学有着密切的关系，主要有以下反应：

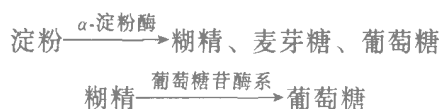
原料中的蛋白质在蛋白质水解酶的作用下，水解生成 胨、朐、肽及氨基酸。



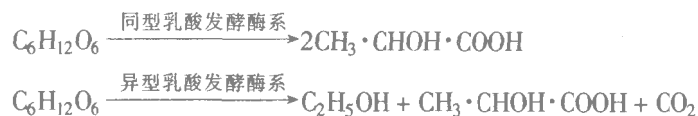
蛋白质原料中游离出的谷氨酰胺被曲霉分泌的谷氨酰胺酶水解，产生谷氨酸。



原料中淀粉质在淀粉酶的作用下水解成小分子糊精、麦芽糖、葡萄糖等糖类物质。



在乳酸菌的作用下，利用葡萄糖进行乳酸发酵。



## 2. 酱油色素的产生

酱油色素形成的主要途径是氨基-羟基反应即迈拉德反应，是一种非酶变褐反应。这是由原料中的淀粉经曲霉淀粉酶水解为葡萄糖后随接葡萄糖的第二个碳原子的羟基与酱醪中的氮置换，产生复杂的化学反应，最终生成其结构目前尚不清楚的含氧化合物——类黑素。这个迈拉德反应过程大体可分为初期、中期和后期三个反应阶段。

葡萄糖和氨基酸反应生成 *N*-葡萄糖基胺，在酸的催化作用下，再经过酮糖化，生成果糖基胺，再进一步分解及脱水等反应，生成了羟甲基糠醛、3-脱氧葡萄糖醛酮及3,4-二脱氧葡萄糖醛酮。这些物质与氨基化合物（以氨基酸为主）作用，并经过聚合酶反应，最终生成类黑素。其反应大致如下：



类黑素是组成酱油色素的重要色素。

影响迈拉德反应进行的因素很多，主要有参加反应的羰基化合物和氨基化合物的种类与结构、温度、水分、阳光等。

一般情况下，五碳糖比六碳糖的反应强，戊糖褐变速度平均为己糖的 10 倍。氨基化合物的变褐速度为：氨基酸 > 肽 > 蛋白质。氨基酸中以色氨酸、苯丙氨酸和脯氨酸等含有苯环和苯环结构的褐变速度快。温度对反应速度的影响最明显，温度越高，反应速度越快。温度每提高 10℃，褐变速度可成倍增加。表 1-1 列举了不同温度对色素的影响（OD 值）。pH 值对迈拉德反应的速度影响是 pH 值大于 3 时，随着 pH 值增大而反应速度加快。水分在 10% ~ 13% 时，迈拉德反应最容易发生。

表 1-1 不同温度对产色的影响

时间(h)	温度 光密度	60℃	70℃	80℃
		6	0.1	0.4
12	0.3	0.8	1.8	
18	0.6	1.5	2.8	
24	1.0	1.9	3.4	

酱油色素形成的另一途径是酶褐变反应。一般是由大豆蛋白质中的酪氨酸在曲料生成的多酚氧化酶等的作用下生成的。酶褐变反应需要有酪氨酸、酚羟基酶、多酚氧化酶和氧的同时存在下才能正常进行，缺一则不能产生此反应。在酱油生成过程中，酶褐变反应主要在发酵后期进行。如果在此期间缺乏氧气，pH 值又低及发酵时间又短，就会阻碍酪氨酸氧化聚合成黑色素。因此，酶褐变反应生成色素的能力比迈拉德反应弱。

其次，酱油色素的形成与原料配比、制曲时的温度、发酵酱醅（醪）的水分、品温及生酱油加热的温度等因素有关。原料配比中麦麸的用量大，生成的戊糖多，酱油色素生成也多；若采用高温制曲，使麸皮中的阿拉伯糖与木糖分解为戊糖也易生成色素；发酵时正常水分在 50% ~ 65%，水分少，发酵温度高，迈拉德反应的速度快也利于酱油色素的形成。

## 2. 酱油香气的产生

酱油香气主要是通过后期发酵形成的，它们在酱油的组成中，虽然含量极微，但对酱油的风味却影响很大。

酱油中香气的主要成分是酱油中的挥发性组分，其成分十分复杂，它是由数百种化学物质组成的。按其化合物的性质分醇、酯、醛、酚、有机酸、缩醛和呋喃酮等；按其香型可分焦糖香、水果香、花香、醇香等。与酱油香气组成关系密切的是醇类中的乙醇，它是由酵母菌发酵己糖生成的，具有醇和的酒香气。有机酸与醇类物质经曲霉和酵母酯化酶的酯化作用，可生成各种酯。酱油中有机酸和醇类物质还可通过非酶化学反应途径的酯化反应生成酯。酯类物质是构成酱油香气成分的主体，具有特殊的芳香气味。

组成酱油香气的另一类主要物质为酚类化合物，其中 4-乙基愈创木酚(4-EG)和4-甲基苯酚(4-EP)是酱油香气的代表性物质。它们主要是由小麦，特别是小麦种皮中木质素，经曲霉及球拟酵母的作用，将小麦在加热处理后制曲过程中产生的酚类物质（香草酸、阿魏酸等）转化而得的。因此，在原料配比中应适当增加小麦用量。其次采用多菌种制曲也是提高酱油风味的措施之一。发酵过程中适当降低发酵温度，延长发酵周期，添加有益微生物（如耐盐乳酸菌、鲁氏酵母等）也可提高酱油的香气。酱油的加热过程，由于复杂的化学和生物化学变化也增加了芳香气味，称为“火香”。

### 3. 酱油呈味物质的产生

酱油的味觉是咸而鲜，稍带甜味，且有醇和的酸味而不苦。而其成分中则包括咸、鲜、甜、酸、苦五味。作为调味料，以鲜味为最主要。

酱油鲜味来源由米曲霉分泌的蛋白酶、肽酶及谷氨酰胺酶的作用后水解生成氨基酸，其中以谷氨酸含量最多，鲜味浓厚，赋予酱油特殊的调味作用。酱油中氨基酸含量见表 1-2。其次，糖代谢时，在转氨酶的作用下也能产生谷氨酸，增加了酱油的鲜味。某些低级肽，如谷氨酸-天门冬氨酸、谷氨酸-丝氨酸、L-型氨基酸的二肽也具有鲜味。如果在酱油中添加鸟苷酸、肌苷酸等核苷酸与谷氨酸钠盐起协调作用，也可提高酱油的鲜味。

表 1-2 酱油中各种氨基酸含量 (mg/mL)

名 称	含 量	名 称	含 量
赖氨酸	3.68	谷氨酸	12.08
组氨酸	1.42	脯氨酸	6.97
精氨酸	6.60	甘氨酸	2.90
半胱氨酸	0.26	色氨酸	0.61
天门冬氨酸	4.73	蛋氨酸	1.99
苏氨酸	3.06	异亮氨酸	3.83
酪氨酸	0.72	亮氨酸	6.78
丝氨酸	9.40	苯丙氨酸	1.79
活页氨酸	4.93		

酱油的甜味主要来源于淀粉质水解的糖，包括葡萄糖、麦芽糖、半乳糖以及部分呈甜味的氨基酸如甘氨酸、丙氨酸、苏氨酸、丝氨酸、脯氨酸等。此外，米曲霉分泌的脂肪酶能将油脂水解成甘油和脂肪酸。甘油也有甜味。

酱油的酸味主要来源于有机酸，如乳酸、琥珀酸、醋酸等。酱油的酸味是否柔和决定于酱油的有机酸与其他固形物之间的比例是否柔和。例如，当酱油的总酸为 1.40g/100mL，其中乳酸为 1076.4mg/100mL、琥珀酸为 48.6mg/100mL、醋酸为 173.6mg/100mL、

柠檬酸为 12.9mg/100mL, pH 值为 4.6 ~ 4.8 呈微酸性, 其酸度为最适量, 它增加了酱油的风味, 产生爽口的感觉。当总酸超过 20g/100mL, 如果其他无盐固形物不相应提高, 则酱油酸味突出, 影响酱油质量。

酱油不应有明显的苦味, 但微量的苦味物质能给酱油以醇厚感。酱油中呈苦味的物质主要有亮氨酸、酪氨酸、蛋氨酸、精氨酸等氨基酸类。某些短肽类如谷氨酸-酪氨酸、谷氨酸-苯丙氨酸等及食盐中的氯化钙与硫酸镁过多时也会带有苦味。

酱油咸味的唯一来源是食盐的成分氯化钠。酱油的咸味比较柔和, 这是由于酱油中含有大量的有机酸、氨基酸、糖等呈味物质。酱油中氯化钠含量一般为 18g/100mL 左右, 如果含量过高, 则有咸苦感, 从而影响产品质量。在发酵过程中及成品中食盐尚有防腐的作用。

### 三、酱油酿造过程中的主要微生物

酱油具有独特的风味, 其风味的来源是在酿造过程中, 由微生物引起的一系列生化变化而形成的。

酱油酿造中, 对原料发酵成熟的快慢、成品颜色的浓淡以及味道的鲜美有直接关系的微生物是米曲霉和酱油曲霉, 对酱油风味有直接关系的微生物是酵母菌和乳酸菌。

#### 1. 米曲霉和酱油曲霉

酱油酿造中应用的曲霉菌是米曲霉 (*Aspergillusoryzae*) 和酱油曲霉 (*Aspergillussojiae*)。米曲霉菌丛一般为黄绿色, 成熟后变为黄褐色, 分生子头呈放射形、顶囊球形或瓶形, 小梗一般为单层。分生子呈球形, 平滑, 少数有刺。最适培养温度为 30℃ 左右, 最适 pH 值为 6.0 左右。我国酱油厂制曲大都是使用米曲霉。酱油曲霉是 30 年代日本学者坂口从酱油中分离出来的, 并应用于酱油生产中, 它与米曲霉在形态、酶的产生能力和酿造特性上均有差异。

米曲霉有复杂的酶系统, 主要产生蛋白质水解酶, 分解原料中的蛋白质; 还有谷氨酰胺酶, 使大豆蛋白质游离出的谷氨酰胺直接分解生成谷氨酸, 增加酱油的鲜味; 淀粉酶, 可分解原料中的淀粉生成糊精和葡萄糖。米曲霉还分泌果胶酶、半纤维素酶和酯酶等。米曲霉酶系的强弱, 决定着原料的利用率、酱醪发酵成熟的时间以及成品的味道和色泽。发酵时, 18% 的食盐对蛋白酶系的影响较小, 而对其他酶系的影响则较大。

#### 2. 酵母菌

从酱醪中分离出的酵母有 7 个属 23 个种, 它们的基本形态是圆形、卵圆形、椭圆形。一般地说, 酵母菌的最适培养温度为 30℃ 左右, 最适 pH 值为 4.5 ~ 5.6。

酵母菌在酱油酿造中, 与酒精发酵作用、酸类发酵作用及酯化作用等有直接或间接的关系, 对酱油的香气影响最大。

与酱油质量关系最密切的是鲁氏酵母, 占酵母总数的 45%, 是常见的嗜盐酵母菌, 能在含 18% 食盐的基质中繁殖。它出现在主发酵期, 是发酵型酵母。它们主要的作用是发酵葡萄糖生成乙醇、甘油等。乙醇是酯类的前驱物质, 是构成酱油香气的重要组分。随着发酵温度的增高, 发酵型酵母自溶, 而促进了易变球拟酵母、埃契氏球拟酵母的生长。

这些酵母是酯香型酵母，出现在后发酵期，主要作用是参与酱醪的成熟，生成烷基苯酚类的香味物质，如 4-乙基愈创木酚、4-乙基苯酚等。为了提高酱油的风味，有些工厂人工添加鲁氏酵母和球拟酵母，收到良好的效果。

### 3. 乳酸菌

从酱醪中分离出的细菌有 6 个属 18 个种，有的对酱油酿造是有益的，有的则是有害的。

和酱油发酵关系最密切的细菌是乳酸菌 (*Lactobacillus*)，其中酱油四联球菌 (*Tetracoccus soyae*) 和嗜盐球菌 (*Pediococcus halo philus*)，是形成酱油良好风味的因素。它们的形态多为球形，微好氧到厌氧，在 pH 值 5.5 的条件下生长良好。在酱醪发酵过程中，前期球菌多，后期酱油四联球菌多些。如发酵 1 个月的酱醪，乳酸的最大含量约为  $10^8$  个/g 醪，其中 90% 是酱油球菌，10% 为酱油四联球菌。它们能耐 18%~20% 的食盐，嗜盐球菌能耐 24%~26% 的食盐。

乳酸菌的作用是利用糖产生乳酸，乳酸和乙醇生成的乳酸乙酯，香气很浓。当发酵酱醪 pH 值降至 5 左右时，促进鲁氏酵母的繁殖，和酵母菌联合作用，赋予酱油特殊香味。根据一般经验，酱油中乳酸含量为 1.5mg/mL，则酱油质量较好；乳酸含量在时，则酱油质量较差。但乳酸菌若在酱醪发酵的早期大量繁殖、产酸，则对发酵过程有不利影响，因为 pH 值过早降低，破坏了蛋白酶的活性，影响蛋白质的利用率。

## 第二节 酱油生产工艺流程

我国酱油发酵是由制酱演变而来的，至今已有 千多年的历史，随着科学技术的发展，生产方法也不断改进。按照发酵方法，目前国内应用较多的有：低盐固态发酵法、高盐稀醪发酵法、固稀发酵法、低盐稀醪保温法及其他传统工艺法。各种方法都各有优缺点，现分述如下。

### 1. 低盐固态发酵法

低盐固态发酵工艺是利用酱醪中食盐质量分数在 10% 以下时对酶活力的抑制作用影响不大，在无盐固态发酵的基础上发展起来的。它的优点是：

- (1) 酱油色泽较深，滋味鲜美，后味浓厚，香气可比无盐固态发酵有显著提高；
- (2) 生产不需要添置特殊的设备；
- (3) 操作简便，技术不复杂，管理也方便；
- (4) 提取酱油仍可采用浸出淋油的方法；
- (5) 原料蛋白质利用率和氨基酸生成率均较高，出品率也稳定；
- (6) 生产成本较低。

它的缺点是：

- (1) 发酵周期比无盐固态发酵周期长，比无盐发酵要增加发酵容器；
- (2) 酱油香气不及日晒发酵、稀醪发酵和分酿固稀发酵。

结合目前的国情和国力，采用低盐固态工艺容易满足消费者对酱油的大量需要，而且根据近年来国内的研究，如果采用多菌种制曲及多菌种后发酵，还可较显著地改进产品风味。

### 2. 高盐稀态发酵法

高盐稀态发酵法适用于以大豆、面粉为主要原料，配比一般为 7:3 或 6:4，成曲加入 2~2.5 倍量的 18°Bé/20℃ 盐水，于常温或 30℃ 左右保温发酵 3~6 个月的发酵工艺。该法的特点是发酵周期长，发酵酱醪成稀醪态。该法生产的酱油香气浓郁，风味美好，许多著名品牌酱油均用此法生产。例如“生抽王”、“龙牌酱油”、“舟山洛泗油”等均采用该种工艺。

### 3. 分酿固稀发酵法

分酿固稀发酵是一种继稀醪发酵之后改进的速酿法。它利用不同温度、盐度及固稀发酵的条件，把蛋白质和淀粉质原料分开制醪，采用高低温分开，先低盐固态发酵后加盐水稀醪发酵的方法，可以得到质量比较满意的产品。它的优点是：

- (1) 控制盐分对蛋白酶的抑制，使其能较充分地发挥作用；
- (2) 先采用固态低盐发酵，减少食盐对酶活性的抑制，有利于蛋白质的分解和淀粉的糖化；
- (3) 发酵期比稀醪发酵缩短，一般只要 30 余天；
- (4) 产品色泽较深；
- (5) 酱油香气较好，属于醇香型；
- (6) 后期酱醪稀薄，与稀醪发酵一样，便于保温、空气搅拌及管道输送，适于大规模的机械化生产。

它的缺点是：

- (1) 生产工艺较复杂，操作也较繁琐；
- (2) 稀醪发酵阶段需要酱醪输送和空气搅拌设备；
- (3) 酱油提取需要压榨设备，压榨手续繁复，劳动强度甚高。

### 4. 低盐稀醪保温法

该法吸收高盐稀醪法的优点应用于低盐固态保温发酵法中，所不同的是，加盐水量高于固态法成稀醪态，故名。在南方得到广泛应用。

### 5. 其他工艺法

在我国北方有些省份的农村地区，尚有无盐固态发酵工艺。其特点是制酱醪时不加或少加少量食盐。为了防腐，发酵温度维持在 55~60℃，发酵时间只需 72h 左右。由于产品质量差，基本上处于被淘汰之列。

我国许多地方还留着当地传统酿造方法，因而产生出许多名特产品，这里不一一介绍。

## 第三节 酱油生产的原料与辅料

原料是酱油生产中的物质基础，合理选择原料是降低成本、提高经济效益的重要措施。

酱油生产的原料可分为基本原料如蛋白质原料、淀粉质原料、食盐和水等和辅助原料(如增色剂、助鲜剂、防腐剂等)。选择蛋白质原料和淀粉质原料应具有:蛋白质含量较高,碳水化合物适量,利于制曲和发酵,无霉变、无异味,资源丰富,价格低廉等特点。

### 一、蛋白质原料

蛋白质原料是构成酱油成品中氮素成分及鲜味的主要来源,也是构成酱曲色素的基质之一。酱油的蛋白质原料长期以来以大豆为主,随着科学技术的发展,人们认为大豆中的脂肪对酿造酱油作用不大,因一部分进入酱渣中被浪费,另一部分则被分解为脂肪酸、甘油等成分。目前大豆逐渐被豆粕、豆饼所代替,既节约了粮食和油脂,又降低了成本。

#### (一) 豆粕、豆饼与大豆

豆粕是大豆经过适当热处理(一般低于 $100^{\circ}\text{C}$ )调节其水分至 $11.5\% \sim 14.1\%$ 经轧坯机压扁加入有机溶剂萃取出大豆中的油脂后的产物。豆粕一般呈片状其基本成分见表1-3。

表 1-3 豆粕的一般成分 (%)

水分	粗蛋白质	粗脂肪	碳水化合物	灰分
0.7 ~ 10	46 ~ 51	0.5 ~ 1.5	19 ~ 22	5 左右

豆饼是大豆用压榨法提取油脂后的产物,习惯上统称为豆饼。根据压榨前大豆处理的温度不同,可分为冷榨豆饼和热榨豆饼。冷榨豆饼是生大豆经软化轧片后,未经高温处理,直接加压压榨提取油脂后即得,出油率低,但豆饼基本没有变性,适用于做豆制品;而热榨豆饼则是大豆经过高温处理后再压榨,其含水量较少,蛋白质含量较高,质地较松,易于粉碎,较适合于酿造酱油。此外,根据压榨机的形式和压力的不同豆饼又可分为圆车饼、红车饼、方车饼。

圆车饼用圆饼榨机(俗称圆车),油压较低( $10 \sim 14\text{MPa}$ ),需 $3 \sim 5\text{h}$ 制成圆形饼。红车饼是用动力连续作用的螺旋榨油所榨出的油饼,对料坯压榨时,压力很大,最高可达 $70\text{MPa}$ 以上,压榨时间只需 $2 \sim 3\text{min}$ ,加热升温至 $130^{\circ}\text{C}$ 以上就可制成瓦片状豆饼即红车饼,又称瓦片饼。红车饼含油脂低,水分较少,碳水化合物高,又易粉碎,榨油前又经过高温处理,因此蒸煮时应该防止蛋白质的过度变性。方车饼用板式及盒式榨机(俗称方车)从低油压 $3.5\text{MPa}$ 至高油压 $28\text{MPa}$ ,顶压时间为 $30 \sim 50\text{min}$ ,制成 $8 \sim 9\text{cm} \times 36\text{cm}$ 长方形饼板。冷榨豆饼和热榨豆饼的一般成分如表1-4所示。

表 1-4 豆饼的一般成分 (%)

成分 种类	水分	粗蛋白质	粗脂肪	碳水化合物	灰分
	冷榨豆饼	12	44 ~ 47	6 ~ 7	18 ~ 21
热榨豆饼	11	45 ~ 48	3 ~ 4.5	18 ~ 21	6.5 ~ 6.8

大豆可分为黄豆、青豆、黑豆等几种，我国各地均有栽培，主要用以榨油、食用或作副食品。大豆的成分因品种不同而各异，如表 1-5 所示。

表 1-5 不同品种大豆的成分 ( % )

种 类 \ 成 分	水分	脂肪	蛋白质	碳水化合物	粗纤维素	灰分
黄豆	13.12	19.29	38.45	21.55	2.94	4.59
青豆	13.90	19.71	41.66	19.90	0.58	4.76
黑豆	13.96	19.85	36.58	21.33	4.05	4.23

酱油中的总氮量约有四分之三来自大豆蛋白质。在大豆氮素成分中，非蛋白质氮（包括嘌呤、嘧啶）约占 5%~7%，95% 左右都是蛋白质，其中水溶性蛋白质为 90%。在 pH 值 4~5 条件下生成沉淀的占 80% 称为酸沉淀蛋白，酸不沉淀蛋白仅占全大豆蛋白的 6%~7%，称为乳清蛋白，含各种酶及其他低相对分子质量蛋白质。大豆蛋白质分为大豆球蛋白、云扁豆蛋白（phaseolin）、清蛋白、豆清蛋白。前二者属于酸沉淀蛋白，后二者属于乳清蛋白。大豆球蛋白是大豆的主要蛋白质。大豆中各种成分的组成及其分布情况见表 1-6。大豆蛋白质的氨基酸组成见表 1-7。大豆、豆粕及各种豆饼的特点与对比见表 1-8。

表 1-6 大豆中各种成分的组成及其分布情况 ( % )

种 类 \ 成 分	各部分的 质量分数	粗脂肪	粗蛋白	粗纤维	可溶性无氮物	灰分
大豆全粒	100	21.52	42.55	4.74	26.22	4.98
子叶部分	90.3	23.37	45.05	2.09	24.39	5.10
胚芽部	2.6	21.50	43.37	2.76	28.13	4.25
种皮部	7.0	1.03	9.44	40.26	45.62	3.65

表 1-7 大豆蛋白质的氨基酸组成  
(100g 蛋白质中各种氨基酸的质量, %)

	全 蛋 白	子叶中的蛋白质					胚芽中的蛋白质		种 皮 中 的 蛋 白 质
		不 溶 性 蛋 白 质	酸沉淀蛋白质			酸 不 沉 淀 蛋 白 质	全 胚 芽 蛋 白	酸 沉 淀 蛋 白	
			全 酸 沉 淀 蛋 白	7S 球 蛋 白	11S 球 蛋 白				
全蛋白中各成分蛋白的百分比(%)	100	5~20	60~80	15~25	20~35	6~7	~1	~0.8	~0.6
精氨酸	8.42	7.44	9.00	8.82	8.75	6.64	8.32	6.38	4.38
组氨酸	2.55	2.70	2.83	1.67	2.53	3.25	2.60	2.65	2.54
△赖氨酸	6.86	6.14	5.72	7.01	6.97	8.66	7.45	7.80	7.13
酪氨酸	3.90	3.30	4.64	3.61	4.13	4.67	3.48	3.78	4.66

续表 1-7

	全蛋白	子叶中的蛋白质					胚芽中的蛋白质		种皮中的蛋白质
		不溶性蛋白质	酸沉淀蛋白质			酸不沉淀蛋白质	全胚芽蛋白	酸沉淀蛋白	
			全酸沉淀蛋白	7S 球蛋白	11S 球蛋白				
△色氨酸	1.28	—	1.01	0.32	1.36	1.28	—	—	—
△苯丙氨酸	5.01	5.24	5.94	7.39	6.13	4.46	3.88	4.22	3.21
胱氨酸	1.58	0.71	1.00	0.26	1.22	1.82	1.24	—	1.66
△蛋氨酸	1.56	1.63	1.33	0.25	1.51	1.92	1.72	1.79	0.82
丝氨酸	5.57	5.97	5.77	6.67	6.17	7.62	4.90	4.50	7.02
△苏氨酸	4.31	4.67	3.76	2.81	4.15	6.18	4.00	3.82	3.66
△亮氨酸	7.72	8.91	7.91	10.25	8.40	7.74	6.62	7.22	5.93
△异亮氨酸	5.10	6.02	5.03	6.40	5.53	5.06	4.11	4.53	3.80
△缬氨酸	5.38	6.37	5.18	5.08	5.85	6.19	4.82	5.28	4.55
谷氨酸	21.00	17.76	23.40	20.05	25.11	15.64	13.78	14.12	8.66
天门冬氨酸	12.01	12.39	12.87	14.13	13.72	14.68	9.74	9.84	10.05
甘氨酸	4.52	5.21	4.56	2.85	4.96	5.74	4.25	4.93	11.05
丙氨酸	4.51	5.73	4.48	3.70	4.27	6.16	4.69	4.47	3.93
脯氨酸	6.28	5.35	6.55	4.53	6.21	6.66	4.23	4.38	5.76
羟脯氨酸	0	0	—	—	—	—	痕迹	0	7.57

注：①不溶性蛋白、7S 球蛋白、11S 球蛋白的含量随大豆的种类而异。

△人体必需氨基酸。

表 1-8 大豆、豆粕及各种豆饼的特点与对比

(%)

名称 项目	大豆	豆粕	红车饼(热榨)	圆车饼(热榨)	冷榨豆饼
油脂	20左右	1左右	3~4	6~8	6~8
粗蛋白质	36~40	47~51	47~48	42~46	42~46
水分	10~13	7~11	5~7	10左右	11~12
碳水化合物	20左右	20~30	22~29	20~22	18~21
影响酱油生产的理化性能	含油脂量高,用于制造酱油不经济,适于生产豆腐、豆腐乳	含油及水分较少,含蛋白质比其他原料高呈片状,一般不用粉碎。处理前未经高温,蛋白质未经变性,适用于酱油生产	含油及水分较少,含蛋白质及碳水化合物较高,呈瓦块状,易粉碎,粉碎后粉末较多 榨油前经 130℃ 高温处理,有少量蛋白质已受热变性,蒸料时要注意勿使蛋白质过度变性 此饼是酱油生产的常用原料	难粉碎,粉碎后的粉末略少于红车饼,其化学成性和理化性能介于红车饼和冷榨豆饼之间,适于酱油生产	含水分和油脂比红车饼高,含蛋白质、碳水化合物比豆粕、红车饼低。因含有可溶性蛋白质较多,适用于生产豆腐、豆浆、酱油 生产酱油时的蒸煮条件应比红车饼及热榨豆饼强烈

## (二) 花生饼

花生饼是花生榨油后的副产物。花生饼的一般成分如表 1-9。

表 1-9 花生饼的一般成分 (%)

水分	粗蛋白	粗脂肪	碳水化合物	粗纤维	灰分
9~12	40~45	5~7	20~30	4~6	6~7

花生中蛋白质主要为球蛋白类，按照其蛋白质的溶解度区分见表 1-10。

表 1-10 花生中蛋白质的溶解度区分

蛋白质名称	占百分比(%)
水溶性蛋白	6.9
稀碱溶性蛋白	21.9
醇溶性蛋白	0.9
不溶性蛋白	4.8
10%食盐溶液溶解蛋白	64.6

如果花生饼在储存过程中被霉菌污染，应检查黄曲霉毒素以确保卫生、安全。

## (三) 葵花子饼

葵花子饼是葵花子（也称向日葵）经压榨提取油脂后的副产物。向日葵在我国栽培甚广，尤其西北地区为最多。葵花子饼的蛋白质的质量分数一般在 40% 左右 因此也可用作酱油酿造的原料。

## (四) 蚕豆

蚕豆也称胡豆、罗汉豆、佛豆或寒豆。我国西南、华中和华东各地栽培最多。蚕豆的一般成分见表 1-11。蚕豆的蛋白质含量比豆粕、豆饼低，而淀粉含量高，因此酿制的酱油糖分高而含氮量不足，鲜味较差，一般不宜全部用蚕豆作蛋白质原料。

表 1-11 蚕豆的成分 (%)

水分	蛋白质	无氮浸出物	粗纤维素	粗脂肪	灰分
12.30	25.60	49.50	7.90	1.50	3.20

## (五) 豌豆

豌豆也称小寒豆、准豆或麦豆。我国各地均有栽培，在西南地区常用作酱油的原料。豌豆的一般成分见表 1-12。

表 1-12 豌豆的成分 (%)

水分	蛋白质	无氮浸出物	粗脂肪	粗纤维素	灰分
12.50	24.60	49.20	1.60	8.90	3.10

## (六) 其他蛋白质原料

其他如菜子饼、芝麻饼及其他各种油料作物的饼粕和糖糟豆渣等均可综合利用酿造酱油。但某些原料需要作适当处理，如菜油饼含有特殊的气味及有毒物质——菜油酚。菜油酚可使用 0.2%~0.5% 的稀酸或稀碱溶液溶解除去。以脱毒菜子饼为原料酿造的酱油需经当地卫生部门检验合格后才可销售。

棉子饼是棉子经压榨提取油之后的副产物，棉子饼蛋白质含量较高，也可作为生产酱油的原料。但由于棉子饼中含有有毒成分——棉酚，因此作为酱原料时必须先除去棉酚并经当地卫生部门检查才能应用。

其他蛋白质原料的一般成分见表 1-13。

表 1-13 其他蛋白质原料的成分 (%)

成分 名称	水分	粗蛋白	粗脂肪	碳水化合物	灰分
菜子饼	8.81	36.91	3.45	30.21	7.12
棉子饼	8~10	40~45	7~9	20~30	5~7
豆渣(鲜)	79.59	7.06	4.32	3.58	0.91
芝麻饼	10.96	48.24	5.29	26.42	11.42
椰子饼	8.45	21.75	7.69	26.50	4.95

## 二、淀粉质原料

淀粉是酱油中碳水化合物的主要成分，是构成酱油香气、色素的主要原料。

淀粉原料通常以小麦、面粉、麸皮等粗原料来代替。

### (一) 小麦

作为酿造酱油的原料通常选用红皮及软质小麦。我国部分地区小麦的基本成分见表 1-14。

表 1-14 我国几个地区小麦的成分 (%)

成分 小麦来源	水分	粗蛋白质	粗脂肪	无氮浸出物	粗纤维素	灰分
福州	10.10	12.40	2.00	71.50	2.10	1.90
昆明	14.20	13.10	1.90	67.50	2.30	1.90
南京	12.20	9.80	2.00	72.50	1.60	1.90
武汉	15.30	11.80	2.00	67.50	1.90	1.50
杭州	11.40	12.90	2.00	69.70	2.10	1.90

小麦中的碳水化合物(无氮浸出物)除有 70% 左右的淀粉外，还含有约 2%~3% 的糊精和 2%~4% 的蔗糖、葡萄糖等。此外，在小麦含 10%~14% 的蛋白质中，以麸胶蛋白质和谷蛋白质较高。在麸胶蛋白中以谷氨酸最多，它是产生酱油鲜味的主要成分之一。

小麦谷粒的组成为胚乳、胚芽和麸皮三部分，质量分数分别为 83%、2% 及 15%。

小麦的蛋白质有 72% 存在于胚乳中，麸皮部分占 20%，胚芽部分仅占 8%。小麦各部分的化学组成及小麦中的氮素分布情况列于表 1-15、表 1-16、表 1-17。

表 1-15 小麦各部分的分析值 (%)

	各部分质量分数	蛋白质	脂肪	灰分	淀粉	聚戊糖	糖	残留无氮物	
全粒大麦	100	17.7	2.2	2.14	61.3	6.0	3.0	7.9	
胚乳部	内部	65.3	16.4	1.0	0.49	77.1	1.8	1.4	
	中部	内側	5.2	17.6	1.6	0.75	72.9	2.3	1.6
		外側	3.2	20.9	2.8	1.63	65.1	3.0	2.4
	外部	内側	1.3	21.4	4.4	3.13	47.9	5.2	5.3
		外側	8.4	21.4	6.0	5.78	22.3	16.0	7.7
麸皮	16.4	19.3	5.3	7.51	13.5	20.9	6.4	27.2	
胚芽	0.2	35.7	14.6	4.97	11.6	4.3	19.2	9.7	

表 1-16 小麦中氮素的分布 (%)

	麸皮部				胚乳部				胚芽部		
	种皮	种被	蛋白质	计	外层	中间层	内层	计	胚芽	胚盘	计
干物质	5.79	2.21	7.0	15.0	12.5	12.5	57.5	82.5	0.94	1.50	2.44
氮素质量分数	0.50	1.70	3.15	—	2.2	1.4	1.0	—	5.33	4.77	—
各部氮全氮	1.70	2.30	16.0	20.0	19.0	12.0	41.0	72	3.5	4.50	8.00

表 1-17 小麦蛋白质的氨基酸组成  
(100g 蛋白质中氨基酸的质量, %)

	小麦	小麦粉	麸皮	胚芽	面筋 (麦胚蛋白)
在水分为 14% 时的氮素含有率	2.27	2.05	2.54	3.98	—
精氨酸	4.70	3.73	6.60	6.83	2.4
组氨酸	2.12	1.92	2.22	2.26	2.2
赖氨酸	2.67	1.97	3.77	5.28	1.2
酪氨酸	3.19	3.27	2.82	2.85	3.8
色氨酸	1.13	0.92	1.58	0.98	1.0
苯丙氨酸	4.43	4.77	3.58	3.38	4.9
胱氨酸	1.80	1.76	1.52	1.04	2.1

续表 1-17

	小麦	小麦粉	麸皮	胚芽	面筋 (麦胚蛋白)
蛋氨酸	1.74	1.73	1.48	1.91	1.8
丝氨酸	5.22	5.40	4.58	4.60	5.2
苏氨酸	2.76	2.64	2.86	3.42	2.5
亮氨酸	6.52	6.63	5.51	5.75	6.8
异亮氨酸	3.78	3.91	3.29	3.48	4.0
缬氨酸	4.69	4.32	4.69	4.90	4.1
谷氨酸	29.30	33.70	16.20	14.00	37.30
天门冬氨酸	4.85	3.90	6.64	7.48	2.9
甘氨酸	3.94	2.96	5.12	5.22	3.1
丙氨酸	3.37	2.16	4.65	5.23	2.4
脯氨酸	9.94	11.69	6.11	5.03	13.7

## (二) 麸皮

麸皮又称麦皮，是小麦制面粉时的副产品，也是目前酱油生产的主要淀粉质原料。麸皮的成分因小麦品种、产地及加工时出粉率的不同而异（见表 1-18）。麸皮中含有丰富的多缩戊糖和一定量的蛋白质。麸皮质地疏松，体轻，面积大，利于制曲。麸皮中的木质素经过酵母发酵后生成 4-乙基愈创木酚，它是酱油香气的主要成分之一。麸皮中还含有维生素及钙、铁等元素（如表 1-19 所示），因此采用麸皮为原料可促进米曲霉的生长繁殖和产酶，又利于淋油，提高酱油原料利用率和出品率。

表 1-18 我国各地麸皮的成分

(%)

成分 产地	水分	粗蛋白质	粗脂肪	粗纤维素	无氮浸出物	灰分
甘 肃	11.20	13.10	4.80	7.20	56.00	5.70
广 东	16.90	14.50	2.70	7.60	53.60	5.60
东 北	14.60	15.20	1.70	6.40	56.50	7.40
浙 江	11.30	17.50	4.50	9.20	52.10	4.60
北 京	10.60	16.60	3.50	8.30	55.70	4.80
南 京	12.70	13.30	3.80	8.40	57.70	5.10
山 东	9.40	14.00	3.60	6.30	62.40	5.60
河 南	12.00	14.90	5.60	10.10	51.90	6.30
云 南	11.40	9.40	4.50	9.90	59.50	4.80
福 建	12.30	15.40	4.70	7.00	55.00	4.30
武 汉	12.80	11.40	4.80	8.80	56.30	6.00
青 海	11.80	15.10	4.90	9.90	53.20	5.50
内 蒙	12.50	12.30	4.60	7.70	57.30	5.60

表 1-19 麸皮中维生素及钙、铁含量

维生素及钙、铁	含 量
硫胺素( $\mu\text{g/g}$ )	9.37
核黄素( $\mu\text{g/g}$ )	2.80
抗癞皮病维生素( $\mu\text{g/g}$ )	3.30
钙(Ca)(%)	0.116
灰分中含钙(以 CaO 计)(%)	2.40
铁(Fe)(%)	0.01
灰分中含铁(%)	0.21
磷(P)(%)	0.88
钾(K)(%)	1

### (三) 米糠及米糠饼

米糠是碾米工业的副产品，米糠饼是米糠榨油后的副产物。两者富含粗淀粉，因此可用作酿造酱油的淀粉质原料。米糠及米糠饼的成分见表 1-20。

表 1-20 米糠及米糠饼的成分 (%)

成 分 种 类	水分	粗蛋白质	粗脂肪	粗纤维素	无氮浸出物	灰分
米 糠	13.80	11.60	15.30	6.40	42.00	10.90
米糠饼	11.20	16.80	7.70	8.10	46.40	9.80

### (四) 碎米

碎米是米厂在加工过程中从大米中筛出来的副产品。其一般成分如表 1-21。

表 1-21 碎米的成分 (%)

水分	粗蛋白质	粗淀粉	粗脂肪	粗纤维素	灰分
9~12	6.0~8.5	70~75	0.7左右	0.5左右	0.5左右

### (五) 玉米

玉米俗称包谷、玉蜀黍、包芦、包米、棒子、珍珠米等。玉米淀粉含量高达 70% 以上，也可作为酿造酱油的原料。玉米的成分因品种及产地而不同，如表 1-22。

表 1-22 我国几个地区玉米的成分 (%)

成分 玉米来源	水分	粗蛋白质	粗脂肪	无氮浸出物	粗纤维素	灰分
兰州	11.60	8.60	5.30	70.50	2.50	1.50
杭州	10.20	7.70	4.80	74.60	1.40	1.30
德州	11.30	7.80	4.00	73.80	1.30	1.50
内蒙	9.90	8.00	3.90	75.40	1.20	1.60
安徽	12.60	9.20	3.80	70.90	2.00	1.50
新疆	15.70	5.90	4.00	71.80	1.10	1.50
东北	11.30	7.20	4.50	73.00	1.30	1.40
甘肃	16.90	9.40	1.50	68.40	1.80	2.00

### (六) 甘薯及甘薯渣

甘薯也称山芋、红薯、番薯、白薯、地瓜等，含有大量淀粉，有些地区用作生产酱油的淀粉质原料。其成分见表 1-23。

表 1-23 甘薯的成分 (%)

成分 种类	水分	粗淀粉	粗蛋白质	粗脂肪	粗纤维素	灰分
鲜甘薯	69.80	27.70	1.10	0.23	0.70	0.74
甘薯干	10.90	70.20	2.30	3.20	3.30	2.00

### (七) 其他淀粉质原料

用于酿造酱油的其他淀粉质原料如大麦、粟(小米)及高粱等，可因地制宜地加以采用。其成分列于表 1-24。

表 1-24 其他淀粉质原料的成分 (%)

成分 名称	水分	粗蛋白质	粗淀粉	粗脂肪	灰分
大麦	12.49	9.44	70.11	2.00	2.37
稗	9.54	11.29	68.09	2.02	0.89
粟(小米)	12.20	11.40	64.90	4.82	1.88
高粱米	14.49	7.57	70.35	9.19	0.57

## 三、食盐和水

### (一) 食盐

食盐也是酱油生产的原料之一。它使酱油具有适当咸味，并与谷氨酸结合构成酱油

的鲜味，在发酵过程及成品中又有防止腐败的作用。

酱油生产中的食盐应选用氯化钠含量高、颜色洁白、杂质少的作原料。如果食盐中含卤质过多则会带来苦味，使酱油品质下降。

在制备盐水时应充分搅拌溶解。每 100kg 水加 1.5kg 食盐可得约为  $10^{\circ}\text{Bé}$  的盐水，一般  $27^{\circ}\text{Bé}$  的即达到饱和状态。

## (二) 水

酱油生产中需要大量的水，对水的要求虽不及酿酒工业严格，但也必须符合食用标准。一般可因地制宜选用含铁少、硬度小的自来水、深井水及清洁河水、江水、湖水等。因为含铁过多会影响酱油的香气和风味，而硬度大的水不仅对酱油发酵不利，而且还会引起蛋白质沉淀。

## 四、辅料及添加剂

### (一) 增色剂

(1) 红曲米：红曲米是将红曲霉接种在大米上培养而成的。其色素特点是对 pH 值稳定，耐热，不受金属离子和氧化剂、还原剂的影响，无毒，无害。在酱油生产中如果添加红曲米与米曲霉混合发酵，其色泽可提高 30%，氨基酸态氮提高 8%，还原糖提高 26%。

(2) 酱色：酱色是用淀粉水解物用氨法或非氨法生产的色素。其中氨法酱色中含有一种惊厥剂 4-甲基咪唑 ( $\text{C}_4\text{H}_5\text{N}_2$ )，具有毒性，已被禁用。而非氨法生产的酱色，没有毒性，可用于酱油产品增色。

(3) 红枣糖色：利用大枣所含糖分、酶和含氮物质，进行酶褐变和迈拉德反应，经过红枣 蒸煮 分离 → 浓缩 熬炒制成成品。枣糖色率高，香气正，无毒害并含有还原糖、氨基酸态氮等营养成分，是一种安全的天然食用色素。也可用于酱油增色。

### (二) 助鲜剂

(1) 谷氨酸钠：俗称味精，它是谷氨酸的钠盐，并含有一分子结晶水，是一种白色结晶粉末。在 pH 值为 6 左右时，其鲜味最强。谷氨酸钠是酱油中一种主要的鲜味成分，一般在发酵中自然产生。

(2) 呈味核苷酸盐：呈味核苷酸盐有肌苷酸盐、鸟苷酸盐等。肌苷酸钠呈无色结晶状，其分子式为： $\text{C}_{10}\text{H}_{11}\text{N}_4\text{O}_8\text{PNa}_2$ ，鸟苷酸钠分子式为  $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_5\text{O}_8\text{PNa}$ ，均能溶解于水，一般用量在 0.01% ~ 0.03% 时就有明显的增鲜效果。为了防止米曲霉分泌的磷酸单酯酶分解核苷酸，通常将酱油灭菌后加入。

### (三) 防腐剂

防腐剂是防止酱油在贮存、运输、销售和使用过程中腐败变质。通常在酱油中使用的防腐剂是卫生部许可的苯甲酸、苯甲酸钠、山梨酸和山梨酸钾。

#### 1. 苯甲酸和苯甲酸钠盐

(1) 苯甲酸：又名安息香酸，为白色针状结晶，微溶于水。一般使用前须加碱中和成苯甲酸钠液，再加入酱油中。中和方法是将碱按 1:1.2 加水，加热至  $50 \sim 90^{\circ}\text{C}$ ，然后再缓缓加入纯碱量 2.1 倍的苯甲酸，不断搅拌维持一段时间。苯甲酸在酱油中添加量不超过 0.1%。

(2) 苯甲酸钠：又名安息香酸钠，呈白色颗粒或结晶状、粉末状，无臭或微带安息香