

绪 论

在各类植物蛋白中 研究最深入、开发和应用最广泛的莫过于大豆蛋白了。大豆的蛋白质含量比小麦、玉米、大米高出 2~5 倍，并含有多种氨基酸 尤其是 8 种必需氨基酸 且赖氨酸和色氨酸含量很高。蛋氨酸含量虽较动物蛋白少，但也优于其他农作物。营养价值综合分析表明，大豆蛋白是一种优质植物蛋白。

豆乳系列饮料是目前最常见的植物蛋白饮料，其加工工序包括原料清理、加水浸泡、磨浆去渣、营养调配、加热杀菌、真空脱臭、均质乳化和冷却包装等。豆腥味的脱除是其中的关键难题，由此而提出了加酸两次蒸煮法、两次粉碎法、蛋白凝固法、干热处理法、微波与酶处理法和碱水湿热处理法等各种新方法。此外，还可在豆乳中强化矿物元素和膳食纤维，或添加营养价值和风味俱佳的芝麻 或以低成本的脱脂大豆与各种油脂配合 制作不同功能和用途的豆乳。

将新鲜磨制的豆乳与果汁、蔬菜汁及添加剂混合调制 可制得调制豆乳产品 包括果汁酸豆乳、菜汁豆乳混合饮料、酸性豆乳饮料、卵白豆乳饮料和分离大豆蛋白饮料等。豆炼浓缩后再经喷雾干燥即为豆乳粉 其贮存和携带都非常方便 且食用卫生。在喷雾干燥之前添加些酪蛋白钠，可使制得的豆乳粉的溶解性特别好。以烘烤后的大豆为原料 或烘烤的发芽大豆配合些药用植物 经热水提取干燥后，也可得到很好的速溶大豆饮料粉。利用乳酸菌或酵母菌对豆乳进行发酵，不仅能提高产品的营养价值和生理功能，且发酵产生的芳香物质还可掩盖或去除豆腥味，其产品形式包括凝固型酸豆乳和液体状发酵豆乳两种。此外，还可以豆渣为原料

发酵生产豆乳碳酸饮料。

挤压蒸煮对大豆蛋白的影响是多方面的，其中所发生的变化仍不清楚。在挤压过程中，蛋白质起着分子重排和组织化形成的重要作用。大豆蛋白处于热、压力和剪切力等综合作用下，先被分散，然后再重新组合成一种经调整的纤维状结构。挤压蒸煮过程可对蛋白质起到乳化和凝胶的作用，使其溶解性和产品质构发生较明显的变化，同时其本身所含的或额外添加的挥发性成分会散失而使得产品风味变淡、色泽变浅。在营养价值方面，挤压过程会使蛋白质或有效赖氨酸和微量营养素损失，蛋白质消化率提高，产生赖氨酰丙氨酸 LAL 等交联化合物以及使营养因子数量减少或活性降低等。

大豆蛋白组织化是指通过机械或化学方法改变蛋白组成方式，使其分子间产生重组，形成一种类似于肉类组织的纤维状蛋白结构。其方法有喷丝成型法、蒸汽组织化法、压力组织化法和挤压法等。其中挤压组织化法的研究和应用都比较广泛，包括单螺杆挤压和双螺杆挤压两种方式。以大豆蛋白为原料，配合脱脂大豆粉等其他原配料，经挤压后即可制得各式仿生肉制品。

作为三大基本营养素之一，油脂对机体健康具有重要作用，包括贮存和提供能量、提供必需脂肪酸、作为机体结构成分和脂溶性维生素的载体等。同时，油脂的细腻润滑的口感特性和独特的物理特性，使其在食品工业中占有不可替代的重要地位。油脂一度成为衡量人民物质生活水平的主要指标之一。

近年来，关于油脂与严重危害人体健康的肥胖症、动脉硬化、冠心病等的密切关系，引起了人们的广泛重视。现代消费者对食品中的脂肪含量非常敏感，但又无法接受单纯减脂或无脂食品粗糙的口感。由此进行了多项研究，以期获得理想的脂肪酸组成，而开发出具有良好生理功能和营养价值的油脂新品种及各式油脂替代品，如谷物油脂、微生物油脂、 $\omega-3$ 和 $\omega-6$ 系列多不饱和油脂以

及代脂肪、改性脂肪和模拟脂肪等 力求在保证食品良好风味和口感的基础上，不对机体健康产生负面影响，更获得良好生理功效。

谷物油脂由谷物种子的糠层或胚芽中提取得到，其产品主要包括米糠油、小麦胚芽油和玉米胚芽油等。它们的共同特点在于，富含不饱和脂肪酸、维生素 E 以及植物甾醇等微量生理活性成分 因此生理功能良好、稳定性高。

多不饱和脂肪酸对机体健康的重要作用备受瞩目。 ω -3 系列多不饱和脂肪酸主要包括 α -亚麻酸、二十碳五烯酸 (EPA 和二十二碳六烯酸 (DHA)) 它们在预防心血管疾病、增强机体免疫力、抗肿瘤、提高学习记忆力等方面具有重要作用。紫苏油、亚麻籽油、沙棘籽油、亚麻荠油和野鼠尾草籽油等都是富含 α -亚麻酸的植物油脂 而 DHA 和 EPA 则多来自海产鱼油和海藻脂类。

亚油酸、 γ -亚麻酸和花生四烯酸属于 ω -6 系列多不饱和脂肪酸。其中，亚油酸和亚麻酸为人体必不可少的必需脂肪酸， γ -亚麻酸更是一种功效活性成分 是目前发现的降脂效果好、安全性又最高的成分 并对糖尿病患者、过敏性湿疹患者、过量饮酒者、月经前综合征患者、老年人等特殊人群有良好功效 同时它还是母乳的重要组成成分。亚油酸是植物油脂中最主要的多不饱和脂肪酸，红花油、葡萄籽油和葵花籽油等都是典型的高亚油酸植物油脂。而 γ -亚麻酸在自然界中的存在比较稀少，其中最常见的是月见草油，其他如黑加仑籽油、玻璃苣油、微孔草油及狼紫草油的 γ -亚麻酸含量也较高。

微生物油脂新资源有着广泛的开发和应用前景，其相对于动植物油脂所不可比拟的优点在于 原料来源丰富且便宜、生长周期短、可连续大规模生产、不受外界环境的限制、生物安全性好。微生物油脂的组成大致上类似于植物油 具体依不同来源、培养底物和培养条件而异。酵母、霉菌、微藻和细菌都是较好的高产油微生物 其发酵条件(发酵时间、碳源浓度、C/N 比、通气量、温度、pH

值和矿物元素等显著影响了产油量。因价格较高 目前对微生物油脂的研究主要集中在经济价值较高的特殊营养油脂、特殊工业用油脂的生产上 如 EPA、DHA、 γ -亚麻酸和花生四烯酸等多不饱和脂肪酸及类可脂等。

脂肪替代品有利于解决低无脂食品因脂肪减少而引起的风味、质构和口感等方面的问题而受到广泛关注 包括改性脂肪、代脂肪和模拟脂肪三大类。改性脂肪是以天然油脂为原料，通过化学法或酶法对甘油三酯分子中的部分组成 如脂肪酸链 进行改造或更换而得到的产品。其代表产品有短长链三甘油酯，中链三甘油酯(MCT) 和中、长、超长链三甘油酯。相对来说 改性脂肪更接近天然属性 且不易出现渗透性腹泻问题 因而更容易被消费者所接受。当然，通过脂肪改性也可能起到改善物化性能和获得良好生理功效的作用。

代脂肪是以脂肪酸为基础成分的酯化产品，其酯键能抵抗脂肪酶的催化水解 因此能量较低或完全没有。其最大优点在于 具备类似油脂的物化特性 但却可能引起渗透性腹泻。蔗糖聚酯、霍霍巴油、多元醇聚酯、三烷氧基丙三羧酸酯(TATCA)、三烷氧基柠檬酸酯(TAC)、羧酸酯、丙氧基甘油酯(EPG)、二元酸酯(DDM) 和聚硅氧烷等都属于这一类产品 其中蔗糖聚酯已被美国 FDA 批准使用。

模拟脂肪是以碳水化合物或蛋白质为基础成分的脂肪替代品，能以水状液体体系的物化特性模拟出油脂润滑、细腻的口感特性。微粒化蛋白 **Simplese** 是最具代表性的一种蛋白质型模拟脂肪，已被美国 FDA 批准为 GRAS 而进入实用阶段。此外，**Traiblazer** 和 **LITA** 也属于蛋白质型模拟脂肪。它们都只能用于中低温食品。碳水化合物型模拟脂肪的品种相对较多，包括葡聚糖、木薯淀粉、玉米糊精、改性马铃薯淀粉、豌豆纤维和谷物纤维等 它们的最大缺点在于会带来异味和不良口感 只能部分取代油

脂。

本书分10章内容，对上述各种新型蛋白和油脂食品进行详细论述与讨论。

第一章 大豆蛋白饮料

新产品与新技术

我国传统的豆浆是一种著名大豆蛋白饮料，但其风味较差，带有明显的豆腥味、苦涩味和焦糊味。后来，在豆浆的基础上发展了豆乳饮料产品，其最重大的突破在于去除了豆腥味和抗营养因子，并经过营养调配而使之更符合机体的需求。其蛋白质、脂肪和碳水化合物与牛奶相似，消化吸收程度也类似。但在某些方面它比牛奶更胜一筹，如所含油脂大多由不饱和脂肪酸组成，含有丰富的维生素 E、卵磷脂，而不含胆固醇、乳糖，因此受到人们的广泛欢迎。以豆乳为基料，还可进一步加工生产调制豆乳、豆炼乳、豆乳粉和发酵豆乳等系列产品。

第一节 豆乳生产工艺

目前，豆乳生产的工艺流程已比较成熟，其基本工序包括原料清理、加水浸泡、磨浆去渣、营养调配、加热杀菌、真空脱臭、均质乳化和冷却包装等。

一、浸泡与磨浆

清理去除的是豆秆、豆壳、泥石、金属、不完善粒和异粮粒等杂质。浸泡是磨浆的前提，目的是为了软化大豆籽粒组织以降低磨浆时的能耗与磨损，提高胶体分散程度及悬浮性。通常，将大豆浸泡于 3 倍重量的水中，夏天浸泡 8~10h，冬天 16~20h。

浸泡大豆的关键参数是温度和时间，具体参数应按照大豆品质、水质和季节气温等因素来选取。时间不足会影响磨浆效果，时间过长会发生腐败。浸泡水温过低则时间延长，水温过高则会造成营养成分的损失，通常情况下最高水温不要超过 30~40℃。在浸泡水中加 NaHCO_3 可起到缩短浸泡时间、提高均质效果及改善豆乳风味等作用，应提倡使用。

大豆必须充分浸透才能入磨，大豆的吸水量约为原料大豆的 1.2 倍，浸泡后大豆重量增加 1.8~2.5 倍，体积增加 1.7~2.5 倍。将浸泡好的湿大豆磨碎成白色糊状物称为豆糊，将豆糊与适量水混合而得浆体。现代化工厂多采用加入足量的水直接磨成浆体，再将浆体经分离除去豆渣萃取出浆液。

大豆磨碎后，原料大豆中所含的脂肪氧化酶在一定的温度、含水量和氧气存在下就会发生作用产生豆腥味，因此常用热水磨浆法来破坏脂肪氧化酶的活性。还有就是磨浆前进行热烫的方法，即在近于 100 的水中热烫一段时间以钝化脂肪氧化酶，同时尽可能防止蛋白质变性。磨浆前用蒸汽进行汽蒸也是一种很好的方法，它可在很短时间内完成，既可钝化酶又可保持蛋白质较好的溶解性。

磨碎后的浆液含有不溶性的以膳食纤维为主要成分的豆渣，需加以分离去除。过去常用的是挤浆机，现已被离心机所代替。

二、营养调配

营养调配的目的是为了提高成品豆乳的营养价值与商品价值，通常包括各种营养强化剂、风味物质、甜味剂、果汁或其他食品添加剂。

豆乳中虽含有优质植物蛋白和不饱和脂肪酸，但其部分维生素与矿物质的含量并不充分，如维生素 B_1 和维生素 B_2 含量不足，维生素 A 和维生素 C 含量很低，维生素 B_{12} 和维生素 D 几乎没有，

因此有时需进行营养强化。每 100ml 成品豆乳中维生素的增补数量大致为：维生素 A 880IU、维生素 B₁ 0.26mg、维生素 B₂ 0.31mg、维生素 B₆ 0.26mg、维生素 B₁₂ 1.5 μ g、维生素 C 7mg、维生素 D 176IU 和维生素 E 10IU。豆乳中最常添加的矿物质是钙，以 CaCO₃ 为最好，它具有溶解度低、不易造成蛋白质沉淀和提高豆乳消化率等优点。

各种添加剂，如甜味剂、油脂、风味物质、防腐剂和增稠剂等有时需经水溶解后加入，有时还需作预均质乳化处理后再添入，这样才有利于提高终产品的均匀稳定性。

三、加热杀菌

经调配后的豆乳需经加热杀菌处理，以杀灭致病菌和腐败菌而防止产品酸败变质，同时破坏原存在于生大豆中的抗营养因子（特别是胰蛋白酶抑制剂），而且加热处理后产品的风味将得以改良。

豆乳的加热杀菌有低温长时间杀菌法（LTLT）、高温短时杀菌法（HTST）和超高温瞬间杀菌法（UHT）3种。

低温长时间杀菌法又称保持式杀菌法，一般是采用间歇式常压预热锅，或称消毒缸，在 100℃ 以下加热，如 63℃ 保持 30min。这种方法一般是采用夹套加热，预热锅内的豆乳由搅拌器搅拌，蒸汽通入夹套加热。

加热时应注意表面温度常较内部温度低 4~5℃，此外，表面发生泡沫时，其泡沫部分常难以达到杀菌要求，所以必要时可直接用蒸汽对表面进行杀菌处理。

高温短时杀菌法和超高温瞬间杀菌法一般都是采用片式或管式热交换器进行加热杀菌，前者在 100℃ 以下加热，而后者在 100~120℃ 或更高温度下进行加热灭菌。

这 2 种方法，特别是超高温瞬间杀菌法可在很短时间内达到

杀菌目的。其优点是杀菌效果好、产品风味好和成品保存性高 它正日益取代传统的保持式杀菌法。

近些年来 由于豆乳消费量的日益增大 很多大型豆乳厂日渐广泛地采用超高温瞬时连续杀菌法。超高温瞬时杀菌装置有蒸汽间接加热法和蒸汽直接加热法 2种。

蒸汽间接加热法的优点：

(1)豆乳与热蒸汽通过加热片进行间接加热，所以没有从蒸汽中导入异物的危险。

(2)间接式加热可调节加热蒸汽，故温度较易控制。

(3)加热蒸汽可直接来自锅炉，只需通过减压阀达到要求之压力即行 无需增加蒸汽清净处理装置。

(4)较易与热回收装置一起使用，使热回收率达到 80% ~ 90 运转费用便宜。

其缺点是传热壁上易产生结垢。

蒸汽直接加热法的优点：

(1)加热杀菌在瞬间进行，对热敏性物料仍保持最大限度的稳定，杀菌效果好；

(2)加热后利用了真空设备 除能排除增加之水分外还有脱臭作用。

(3)不必考虑影响传热效果的结垢问题。

蒸汽直接加热法的缺点为：

(1)结构复杂、造价高。

(2)需增加蒸汽清净装置以防混入杂质和喷嘴堵塞及磨损，有异物混入成品中之危险。

(3)操作控制比较复杂，热回收困难，运转费用高。

四、真空脱臭

豆乳中含有很多能引起豆腥味的挥发性化合物 真空脱臭工

序就是为了去除这些化合物而设立的。真空脱臭的原理，是挥发性化合物在液体内的溶解度与该化合物在液面上的分压成正比。豆乳进行真空脱臭时，液面上的压力逐渐降低，溶解在豆乳中的挥发性物质就不断挥发掉，直至总压降至豆乳的蒸汽压时已达到平衡状态，此时挥发性化合物大多已被去除。

真空脱臭是将加热杀菌过的豆乳，用泵打入真空脱臭罐内进行抽气操作。操作要点是：

(1) 控制适当的真空度，通常保持在 26.66~39.99kPa 为宜，不宜过高，以防气泡冲出。

(2) 被处理豆乳的表面积要大，一般是使豆乳分散成薄膜或雾状以利于脱臭。方法有离心喷雾、压力喷雾和薄膜流下式 3 种。

(3) 要有充分的脱臭时间，具体时间长短取决于豆乳的性状、温度和豆乳在脱臭罐内的状态等。

真空脱臭工序对保证产品质量有举足轻重的作用，它除了脱除异味外还具有下列作用：

(1) 豆乳经高温杀菌后喷入真空罐中，蒸汽蒸发时带走很多能量，这样豆乳可迅速降温以免受热时间过长。

(2) 豆乳迅速降温可避免出现焦糊味，减轻可能出现的褐变现象。

(3) 使用蒸汽直接加热会出现冷凝水混入豆乳中，经真空处理可将这部分水蒸发掉。

五、均质

均质化处理就是通过机械力的作用将豆乳液体中的固形物颗粒打碎，以改善产品的口感与稳定性。它是生产优质豆乳不可缺少的过程。

在均质时，重要的是均质的压力与温度。为提高均质效果，当然希望均质压力越大越好，但这要受到设备性能的限制。豆乳要达

到均质化处理通常要求的压力为 $14.7\sim 22.54\text{MPa}$ 。均质温度高则均质效果好，具体温度随生产工艺流程的安排情况而定，在 $60\sim 85$ 均可。

从豆乳生产流程安排来说 均质可放在杀菌脱臭之前 也可放在杀菌脱臭之后，各有利弊。如在杀菌脱臭之前均质，效果较差，但设备费用较低 若在杀菌脱臭之后 则情况刚好相反。

用来完成豆乳均质化处理的设备主要有胶体磨和均质机，胶体磨通常作为均质机的预均质设备。

有时 为改善豆乳终产品的稳定性与分散性 可采用两级均质处理。豆乳经压力较高 $14.7\sim 21.56\text{MPa}$ 的第一级均质之后 立即作压力较低 (4.9MPa) 的第二级均质处理。这是因为豆乳这类物料以本身的蛋白质为乳化剂 经第一次均质所得的细液滴 由于新出现的相界面上乳化剂分布不良 仍有重新合并的倾向 而经低压的第二次均质，就可使乳化剂更好地分布在接触界面上。

六、冷却与包装

豆乳经杀菌后 虽然绝大部分细菌已经消灭 但在以后各项操作中仍有被污染的可能。为抑制豆乳中细菌的生长繁殖，均质后的豆乳需立即用片式或管式冷却器使温度降低至 $2\sim 4^{\circ}\text{C}$ 。

冷却后的豆乳需经包装以便于分送和零售，并防止外界杂质的混入和微生物的再污染等。常用的包装容器有玻璃瓶、聚乙烯塑料瓶、塑料夹层纸、铝箔夹层纸或薄膜包装。瓶装时 可采用自动装瓶机和自动封瓶机，然后将产品移至 5°C 以下的冷库保藏。若用薄膜或纸软包装 则用专门的软包装灌装机 装好产品也送入冷库保存。

第二节 豆乳生产新技术

豆腥味的脱除问题，是豆乳加工过程中的关键难题。围绕这个问题人们做了很多研究，并提出了一些新的豆乳制备方法。

一、加酸两次蒸煮法

本法的特点是脱皮后的大豆不用水浸泡而直接加酸蒸煮，这样就可防止浸泡过程中水溶性蛋白的流失及由脂肪氧化酶引起大豆油脂水解可能产生的豆腥味。

具体制法是：往脱皮大豆中添加约占大豆质量 2% 的有机酸、3% 的磷酸和 200% 的水，然后通入热蒸汽直接蒸煮。有机酸可用柠檬酸、苹果酸、醋酸和富马酸等，其中以柠檬酸的效果最好。有机酸添加的目的在于阻止大豆蛋白在加热过程中形成不溶性的 S—S 二硫键，而磷酸的作用是利用其缓冲性防止蒸煮过程中可溶性蛋白的流失。

加酸蒸煮后，用热水进行冲洗，以去除湿热处理过程中形成的能引起豆腥味的挥发性与水溶性化合物，然后加入热水再次蒸煮，煮后排出蒸煮水，再次用热水冲净，之后进入磨浆机内进行磨浆分离，去除不溶性豆渣后便得豆乳。往这种豆乳中添加 0.1% 的蛋白质分解酶与合成酶和 5% 的乳酸菌，将温度调节至 40℃，保持 2h，再加入适量乳化剂升温至 70℃，进入均质机内进行均质处理，再经高温瞬时杀菌即得终产品豆乳饮料。

这里所用的蛋白分解酶来源于动物、植物或微生物，所用的蛋白合成酶指木瓜酶和肽-胰凝乳蛋白酶。分解酶能使大豆蛋白质分解成有香味的氨基酸；而合成酶能使分解酶切断的肽链部分重新结合起来，从而清除可能由氨基酸引起的苦味。乳酸菌包括保加利亚乳杆菌、嗜酸乳杆菌、嗜热乳杆菌和乳链球菌等，其作用能

给产品带来特有的芳香味。通过酶与乳酸菌的共同作用，进一步去除了蒸煮后大豆中所残留的豆腥味。

乳化剂可使用蔗糖酯、甘油酯和卵磷脂等。如果将 2 种以上乳化剂配合使用，则效果更好。另外，在使用乳化剂的同时添加些诸如磷酸钠、偏磷酸钠或聚磷酸钠之类磷酸盐，可进一步提高产品的均匀稳定性。

例如，往 100 份脱皮大豆中加入 200 份水、0.2 份柠檬酸和 0.3 份磷酸，在 0.059MPa 蒸汽压力下加热 15min，排去蒸煮水后，用 70℃ 热水冲洗大豆，加入适量 70℃ 热水再加压蒸煮 15min，再次水冲后送往磨浆机中进行磨浆处理。去除豆渣后将所得豆乳冷却至 40℃，加入 0.5 份保加利亚乳杆菌和 0.1 份蛋白合成酶，在 40℃ 保持 2h，再加入 2 份山梨糖酯、0.7 份蔗糖酯和 0.1 份偏磷酸钠，在 70℃ 通过高压均质，经杀菌即得终产品豆乳饮料。

二、两次粉碎法

在 95℃ 或更高温度下保温磨碎大豆，对灭活胰蛋白酶抑制因子和脂肪氧化酶是必要的。但当温度升高到灭酶所需温度之上时，大豆蛋白的提取率会明显下降。

应用两次粉碎法能克服上述困难，避免了蛋白质的热变性，提高了蛋白质的抽提率。即先在热水中浸泡预磨碎大豆，再在较高温度下进一步磨碎。

用 95~98℃ 热水或含 0.05%~0.1% 碳酸氢钠、磷酸盐的水溶液，对原料大豆略作浸泡，即进行粗粉碎，要求有一半大豆只碎成两半，其余的碎成 0.2~2.0mm，最好为 0.5~1.0mm 的颗粒，粗碎可用一般的粉碎机。经过粗粉碎的碎豆在 90~95℃ 热水中保温 4~6min，以使脂肪氧化酶和胰蛋白酶抑制因子失活。

一般来说，85~90℃ 的高温就能使脂肪氧化酶失活，但要进一步灭除胰蛋白酶抑制因子则需 95℃ 或更高的温度。因此，粗大豆

的保温细磨用水温度最好应达到 95 或更高一些。细磨可用磨浆机或胶体磨进行，用离心或过滤法分离除去不溶性豆渣即得豆乳产品。

由于使用了粗粉碎法将大豆破碎，使得较细的碎豆只需经较短时间的湿热处理，即可达到灭除脂肪氧化酶和胰蛋白酶抑制因子的目的。这样，就在最大限度上避免了可能引起的大豆蛋白变性问题 提高了蛋白得率。

例如 取 2.5kg 大豆在 98 热水中停留片刻即进行粗粉碎，所得粗碎豆浆进入保温罐中，在 95 保持 5min 后送至磨浆机进行磨浆 用 200 目振动筛分离去除不溶性残渣得到 10kg 豆乳 其蛋白含量为 4.8%。这种产品没有豆腥味，胰蛋白酶抑制因子的残留活性仅 10TIU/mg。

三、蛋白凝固法

以大豆为原料制得的豆腐或冻豆腐没有豆腥味，着眼于这一事实，日本报道了一种全新的高蛋白豆乳制作法。

该法的特点是往普通方法制取的豆浆中添加二价碱土类金属或酸使蛋白质凝固分离出来，经压榨成型后在冻结条件下保持数天 解冻后用水冲洗数次去除可溶性物质后脱水 在脱水物中加水调制 再经高压均质便得到外观、风味、口感与营养俱佳的豆乳饮料。

上述豆乳可用来进一步调制果汁豆乳饮料，用柠檬酸或苹果酸调节其 pH 至 5.0 不需均质也不会出现絮凝物 也不必再添加各种增稠稳定剂。而若取消上述步骤中的冻结过程直接将大豆蛋白凝固物加水均质，所得样品在用酸调节 pH 至 5.0 时会重新产生凝固物。

例如 取 1kg 大豆经水浸泡 24h 后加 10L 水磨浆 分离去除豆渣后往所得豆浆中添加 30g 硫酸钙使蛋白絮凝沉淀下来 压榨

成型后进行速冻并在 -5°C 保存 10d;解冻后用水冲洗数次并经脱水得到海绵状组织的大豆蛋白凝固物 0.75kg。往该凝固物中添加 3L水 用粉碎机粉碎后经 9.8MPa 压力均质一次, 得终产品高蛋白豆乳饮料 3.5L。分析表明, 该产品含水分 86%、蛋白质 7.5%、脂肪 5.1%、糖分 0.9% 和灰分 0.4% 而通常制作的豆乳产品含水分 88.6%、蛋白质 3.2%、脂肪 3%、糖分 4.8% 和灰分 0.4% 显然, 用本法制得的产品蛋白与脂肪含量要高出很多。

此外 本产品是往大豆蛋白絮凝物中加水均质而成 只要在均质许可范围内, 即可得到各种不同浓度的豆乳产品。

四、干热处理法

将整粒生大豆用干热方式在 $120\sim 200^{\circ}\text{C}$ 保持 $10\sim 30\text{s}$ 这种处理法能使脂肪氧化酶失活、胰蛋白酶抑制剂分解 还可改良大豆的风味 提高其嗜好性。

经干热处理后的大豆用破碎机进行粗粉碎, 分离去除豆皮后, 将粉碎颗粒用 0.5%~1%碱性钾盐 (苛性钾、重碳酸钾或碳酸钾) 热水溶液 $50\sim 90^{\circ}\text{C}$ 浸泡 $3\sim 17\text{h}$ 。然后用水冲洗数次 在 $\text{pH}8\sim 8.5$ 磨浆, 过滤去除不溶性残渣后所得的豆乳通入蒸汽升温至 90°C 并保持一段时间, 此时可加入适量的甜味剂与风味剂进行调味 之后通过胶体磨将豆乳蛋白微粒化 加柠檬酸、醋酸或酒石酸中和后经 49MPa 高压均质机在 50°C 进行均质 最后在 120°C 保持 3s 进行杀菌处理后, 即为终产品豆乳。

例如 10kg大豆在烘烤机内加热 170°C 维持 15s 后冷却至室温 用破碎机脱皮粉碎、去皮后 取粗颗粒悬浮分散于 50°C 、0.5% K_2CO_3 水溶液 $\text{pH}10$ 中浸泡 17h 水洗后用 $\text{pH}8$ 的碱性水溶液磨浆 取豆浆加热至 90°C 搅拌加入 180g食盐与 1.5kg蔗糖 溶解后通过胶体磨 再加入 80g 柠檬酸搅拌均匀中和其碱性 经高压均质和杀菌后即为终产品。这种产品没有任何豆腥味, 口感细腻独

特。

五、微波与酶处理法

结合微波与酶处理以去除豆腥味，可制得品质良好的豆乳饮料。其优点在于原料的利用率可达 100% 不会产生不溶性豆渣。

可选用的原料有整粒大豆、全脂豆粉和脱脂豆粉等。整粒大豆的微波处理时间为 4min，对全脂豆粉或脱脂豆粉的处理时间为 75s 或 60s。微波处理后往原料中加水粉碎或调浆，之后各加入相对于大豆质量 0.13% 的纤维素酶、蛋白酶与淀粉酶，混匀后保持 30min 使之发生酶降解，再添加适量的植物油、甜味剂、风味剂、增稠剂（海藻酸钠）和乳化剂（卵磷脂）搅拌均匀后通过胶体磨进行微粒化，再升温煮沸 2min 使酶失活后，经高压均质处理即得终产品豆乳饮料。这种产品风味良好，基本上没有豆腥味，据报道在贮存过程中也不会出现沉淀现象。

六、碱水湿热处理法

碱水湿热处理法是依据以下 3 种实验事实提出的：

(1) 将生大豆直接放入沸水中加热可去除豆腥味。

(2) 就豆乳固形物含量而言，在较高或较低温度下提取的效果差异不大。

(3) 使用碳酸氢钠水溶液磨浆可去除苦涩味。

首先将生大豆放入含碳酸氢钠、氢氧化钠或氢氧化钾等碱水热溶液中加热。为避免对蛋白浸出率的影响，加热时间应尽可能缩短，要求在沸水中持续 4~7min 即可。若将生大豆放入 60℃ 以上热溶液中，那么加热数分钟至沸腾状态再维持 5min 左右即可取出。此时湿大豆含水约 32%~42%，其质量约为生大豆的 1.3~1.5 倍。

在上述湿大豆中添加 90℃ 含 0.1%~1% 碳酸氢钠的热水溶

液进行磨浆同时去除苦涩味。若用自来水进行磨浆，则会使豆乳产品带有浓重的苦涩味。之后，利用板式加热器将磨碎料加热至70℃保持5min以浸出大豆蛋白，再经过滤或离心处理，所得滤液或离心液添加适量的甜味剂、酸味剂、食盐及香精香料后，通过均质机处理即得终产品。

七、强化矿物质的生产工艺

为了强化矿物质（特别是强化钙质）在大豆浸泡、磨浆和调制过程中所用的水均为矿物质水。这里所指的矿物质水既可是天然的矿泉水，也可是经人工调制而成的。人工调制的方法是把长石粉磨碎成微粒放在固定床中，然后用井水或自来水强制循环，除去阻碍豆乳稳定的氯及对人体有害的氨、亚硝酸性氮和镉等成分，而促进对人体有益的矿物质的溶解。

例如，碾碎长石筛选出3~10 μm 大小的微粒100kg，水洗后放入圆筒形固定床中，用1t自来水强制循环10h，即得人工矿物质水。分析表明，各种矿物元素的含量为（mg/L）：K 0.4、Na 1.40、Ca 0.34、Mg 0.05、Fe 0.6 和 pH6.31。

本法是利用发酵法来掩盖去除大豆所特有的豆腥味。首先，将大豆用上述矿物质水浸泡软化10~15h，并在100℃短时蒸煮5min，取出大豆迅速冷却至40℃。另取薏米适量，经浸泡蒸煮冷却后接种上曲霉菌，再按常规法粉碎。将煮大豆与曲霉薏米粉按10:1的比例混匀，在30~35℃发酵4h，然后放入15%酒精溶液中浸渍3h，以溶去不良风味物、色泽及苦味物质。取出大豆，在100℃通入蒸汽1min，除掉残留的酒精成分。用这种方法脱除大豆豆腥味效果很好，且脱色效果也很好。

· 往经上述处理的大豆中通入矿物质水进行磨浆过滤，所得豆乳再添入含0.04%葡糖酸钙、0.2%海带浸出物和适量糖与盐的补充液，调匀后经130℃、3s的高温瞬时杀菌，便得强化了矿物质的