

# 伊利诺大学的豆乳制备方法

## 一、引言

大豆的蛋白质含量高，而蛋白质中所含氨基酸的比例也很平衡 (Smith 和 Circle, 1972)。许多世纪以来，大豆已经成为东方人民膳食中的一种重要的蛋白质来源。尽管这些营养好，过去也有使用声誉，用整大豆制成的饮料在其它地区却受到很大的限制，主要由于有不希望的豆腥味或油漆似的异味和气味。以前曾尝试克服这个问题，至多只是取得部份成功。不希望有的风味和气味主要是由于一种酶类，脂肪氧合酶引起的 (Wilkens et al., 1967) 每当豆子磨碎后，在低于酶被钝化的温度下曝露潮湿中时，这反应就很快地发生 (Nelson et al., 1971)。蛋白质含量高的柔和的豆乳是特别受欢迎，因为它可作为婴儿、儿童和成年人的一种经济的蛋白质来源，它也能给所有不能接受牛奶中乳糖的人食用 (PAG, 1972)。

在东方，豆乳通常的制备法是浸泡，在水中磨碎，滤除渣滓，然后加热提取物 (Piper 和 Morse, 1923)。虽然这种方法是简单的，但是所得到的饮料具有一种明显的油漆味 (由于亚麻子油) 的异味和气味。已经报导对这种传统的东方式加工法的无数次地改进，以部份地改善异味与气味的缺点。对冷水抽提物的一些改进是：改用热水抽提 (Wilkens et al., 1967)，加酸磨碎 (Kon et al., 1970; Al-Kishtaini, 1971)，和在碱水中浸泡 (Badenhop et al., 1970)。这些改进带来了一些风味上的改善，但是通常导致了比传统的东方式加工法较低的蛋白质得率。

做了一些其它尝试以改善风味或蛋白质的抽提，或是两者兼顾。采用去皮大豆制作饮料的上述方法 (Hand et al., 1964; Mustakas et

al., 1972; Lo, 1971; Miles, 1966)，通常是部份除去滤渣，及一些为了达到胶体的稳定，而加入稳定剂。

这里所报导的加工法是，由整大豆吸水起始，为了完全防止任何油漆味的形成，开始钝化脂肪氧合酶。然后，把大豆磨成豆糊，并不用过滤或其它损失蛋白质的方法，进一步加工成成品饮料。已经研究了所采用的加工方法对胰蛋白酶抑制素及脂肪氧合酶的钝化和胶体稳定性方面的影响。样品是根据恰当的主观和客观的方法评价。

## 二、原料与方法

### 1. 大豆饮料的制作

大豆饮料是用商业销售的 Wayne 品种大豆制作。采用一个样品分级分离器对大豆进行干清理以除去豆荚、豆梗、碎豆及异物 (Key Equipment Co., Milton-Freewater, OR)，干净的豆子含有 11.4% 的水份。用一种改进的 (Herrick, 1970; Kunitz, 1947) 方法，对经过不同的浸泡 - 热烫处理后再经过磨细和冷冻干燥的大豆样品进行胰蛋白酶抑制素的分析，样品采用双份。在此方法中，样品用胰蛋白酶消化，加入福尔马林，其羧基用氢氧化钠滴定。

根据 Nelson et al., (1975) 的方法来制作大豆饮料，其工序如下。

1. 大豆：干的整大豆 (Wayne 品种)

2. 浸泡：在含有 0.5% 的  $\text{NaHCO}_3$  的自来水 (84ppm  $\text{CaCO}_3$  硬度) 溶液中，浸泡一整夜。  
(豆子：溶液为 1 : 3)

3. 排液：排出浸泡液。

4. 热烫：在含有 0.5%  $\text{NaHCO}_3$  的新鲜的自来水溶液中热烫 30 分钟 (原来的干豆子：溶液为 1 : 3)

5. 排液：排出热烫液并用自来水漂洗。

6. 加水：加入足够的自来水，通过锤式磨碎机磨碎 (Fitzpatrick, D型)，使大豆固形物占12%。

7. 磨碎：第一次通过0.25吋孔眼的筛子，然后通过0.028吋孔眼的筛子。

8. 加热：在蒸汽夹套罐中加热豆糊达200°F。

9. 均质：在3500磅/平方吋压力下均质(第一阶段压力)，在500磅/平方吋压力下再均质(用Gaulin型 15M8TA，第二阶段压力)。

10. 加水：加自来水混合豆糊，以调整蛋白质含量到所需水平。

11. 中和：用6N HCl中和到pH为6.8~7.2。

12. 按配方制作：加糖、盐和风味剂。

5.0%蔗糖

0.2% NaCl

0.02% 香草醛

0.007% 起先的馏出物。

13. 加热：加热到180°F。

14. 均质：如上所述。

15. 装瓶：装瓶。

16. 冷却：冷却，并在34°F时贮存。

用去皮大豆制成的大豆饮料。用去皮大豆制作的饮料的批量制法如下：用Buhner磨碎机 (Bauer Bros CO., Springfield, OH) 把热烫和排液后的豆子去皮，Buhner磨碎机中两块板之间的距离被调整到能从子叶上剥下和分离掉豆皮，而且对子叶的损害最小，用水漂浮法把豆皮与子叶分离开，用锤式磨碎机磨碎子叶。

## 2. 感官评价

由五位在喉感和口感特征方面非常有经验的工作人员来进行感官评价。对样品口感的评价和通过对产品特征的讨论取得一致的意见。产品的特征评价如下：

喉感和口感。在品尝之前，摇晃所有的样品。特别强调的是制品涂满口腔的影响，对于嘴和喉咙是产生一种干的或湿的感觉。对于有

经验的品尝者来说，这种有害的口感或喉感是非常不希望有的。所采用的统一的评定标准如下所述：一种非常顺口、其口感近似于高质量的牛奶产品，可说是优良，以下挨次降低为很好、好、可接受的、不可接受的及差的。

表现的胶体稳定性。作为评价的样品保持在不受干扰至少达24小时，鉴定乃取决于在饮料的清液部份和沉降部份之间是否存在一条明显的分界线。通过大豆饮料上部五吋高的分离程度来表示所谓表现的胶体稳定性。测定分离程度是根据饮料的上部到两层之间的一个可见的分界线的吋数计算。

## 3. 客观评价

蛋白质分离。饮料在34°F下不受干扰持续一段时间后，用一吸管取样。在样品表面以下约 $\frac{1}{4}$ 吋的点上取出上部样品，同时，在样品底部以上约 $\frac{1}{4}$ 吋的点上取出底部样品，在各指定的点上分别取出约15毫升的样品。瓶内的样品完全摇均后，把混和好的样品从瓶中取出(5吋高)。采用微量一凯氏法(AOAC, 1970)来测定总氮，再乘上6.25就得到了蛋白质含量。

粘度的测定。稀释成不同蛋白质浓度的大豆饮料，在20°C时用一个落球式粘度计(G型，National Enstrumment Co., ...)来测定其粘度。

游离油与结合油的分析。饮料中游离油的测定，用的是冷冻干燥样品在一索氏抽提器中的己烷抽提物。对液状样品使用一种改进了的Babcock试验法(Al-Kishtaini, 1971)测定总的含油量。总油量减去游离油就是结合油。

热烫后豆子软度的测定。用L.E.E. Kramer剪切式压力机(L.E.E. Inc., Washington, DC)来测定热烫后豆子的软度。把100g(湿重)豆子放在试验槽里(NO. C 274)，并用14.5秒的冲程和一个3000磅的试验环来测定剪切力。结果由软度计上的值来表示，表明所发展的最大剪切力。

颗粒大小的分布。根据Wilson(1973)的原理，用一个Coulter计算器来测定制成后的大豆

饮料中的颗粒大小的分布。

### 三、结果与讨论

根据上表中所描述的生产工序而制成了一百多小批量的大豆饮料。实验室的评审小组已经对产品进行了许多次感官评价。根据我们的记录,至少有1000位来自工业、政府和其它国家的参观者对这饮料制品取了样,不论产品有正常风味和异味,评价和评论总是认为很好,认为是一种非常可口,没有油漆味的产品,因此,这里所报导的研究,在感官评价因素中不包括有正常风味和异味的评价。

#### 1. 胰蛋白酶抑制素的破坏

在上述的工序中,对于整大豆使用了在含有0.5%  $\text{NaHCO}_3$  的溶液中热烫30分钟,热烫之后,把豆子磨成豆糊,并不再在高于  $200^\circ\text{F}$  以上的温度下放置任何时间。因而,对各种浸泡和热烫条件的组合以破坏胰蛋白酶抑制素作了研究。表1中的结果说明在浸泡复水后再热烫比未浸泡的干豆子容易破坏胰蛋白酶抑制素。不管是否浸泡,当把 $\text{NaHCO}_3$ 加入热烫水中时,胰蛋白酶抑制素也能比较明显地被破坏(Albrecht et al., 1966)。无论把豆子放进0.5%  $\text{NaHCO}_3$  溶液中还是水中浸泡一夜,然后在0.5%  $\text{NaHCO}_3$  溶液中或是水中热烫5分钟,都可以破坏胰蛋白酶抑制素。正像表1中所描述的,浸泡一夜之后,在0.5%  $\text{NaHCO}_3$  溶液中热烫30分钟,可以完全去除饮料中的胰蛋白酶抑制素。

#### 2. 脂肪氧合酶的钝化

当生的大豆子叶的组织被损坏或破碎时,脂肪氧合酶就像要受它作用的脂类一样被释放出来。只要子叶组织是平的(约13%的水份),酶就不会催化脂类的快速氧化。但是,如果加进水,就会快速地发生反应,产生一种浓烈的令人不愉快的豆腥味或发酸的气味和风味,这些味道只有东方人能接受,他们已经完全适应而不感到不快的味道。(Nelson et al., 1971)。

要承认钝化或控制这种酶系统的问题,是

使这种加工再需发展(表1)。发现在热烫之前,把完好的、整的、生大豆浸泡8~12小时,直到它们的重量达到原有的两倍,就不会有豆腥味,油漆似的气味和风味。但是,在排除浸泡液和取动过程中,必须轻轻地取动浸泡过的大豆。浸泡大豆直接放进沸水中热烫,在规定的热烫(表1)之后,豆子在味觉方面是可口的,并完全没有异味和气味。

浸泡过与未浸泡过大豆热烫后的胰蛋白酶抑

制素(STI)的分析

表 1

浸 泡 处 理	热烫溶液	热烫时间(分钟)	毫克STI/每克大豆	破坏的STI%
整夜	0.5%	5	0.0	100
0.5% $\text{NaHCO}_3$	$\text{NaHCO}_3$	10	0.0	100
整夜	水	5	0.0	100
水		10	0.0	100
整夜	0.5%	5	0.0	100
水	$\text{NaHCO}_3$	10	0.0	100
没有	水	10	6.0	79
		20	0.0	100
没有	0.5%	10	4.4	85
	$\text{NaHCO}_3$	20	0.0	100
0.5% $\text{NaHCO}_3$	0.5%	5	0.6	98
4 小时	$\text{NaHCO}_3$	10	0.0	100
没有	没有	没有	28.2	0.0

也可以把整的干的生大豆直接放进沸水中,在一个设备中同时吸水和热烫,这样热烫后的制品是同样地令人满意,但是需要较长的热烫时间,如下面所说明的。

#### 3. 饮料的质量

浸泡、热烫和均质条件的影响。正如以前所讨论过的,早就清楚地认识到,在这发展工作中,需要钝化脂肪氧合酶和胰蛋白酶抑制素。但为了达到大豆组织有一合适软度,以便有效地磨碎和均质而制备好质量的饮料,所要求的热烫程度要求大量的研究工作。这些结果总结在表2中。

未浸泡的大豆在热的自来水中同时吸水和热烫达30分钟,软度计上的读数为310,接着在  $180^\circ\text{F}$  和3500磅/平方吋的压力下二次均质,生产出的最后制品口感和胶体稳定性均很差。在

浸泡过或未浸泡的大豆热烫之后的软度计上的数值, 和在各种条件下均质之后饮料的质量 表 2

热 烫 处 理	软度计上数值		均质条件	两次过程		饮 料 质 量
	磅/100克	温度F		压力磅/平方吋		
未浸泡的大豆						
30分钟, 水	310	180		3500		口感很差, 静显后分层
30分钟 0.5%NaHCO <sub>3</sub>	185	180		3500		对于口感与稳定性分辨不清
30分钟 0.5%NaHCO <sub>3</sub>	185	210		4500		好的口感和稳定性
在0.5%NaHCO <sub>3</sub> 溶液中浸泡了 8 小时的大豆						
5 分钟 0.5%NaHCO <sub>3</sub>	250	180		3500		对于口感和稳定性分辨不清
5 分钟 0.5%NaHCO <sub>3</sub>	250	210		8000(第一次) 3500(第二次)		非常受欢迎的口感和优越胶体稳定性
20分钟 0.5%NaHCO <sub>3</sub>	165	180		3500		非常受欢迎的口感和优越的胶体稳定性

0.5% NaHCO<sub>3</sub> 溶液中直接吸水和热烫, 热烫后的豆子在软度计上的读数为 185。当均质压力为 3500 磅/平方吋时, 最后制品的口感和胶体稳定性分辨不清。但是, 均质压力从 3500 磅/平方吋提高到 4500 磅/平方吋就可很大地改进口感和胶体稳定性, 最后饮料的质量可被评价为非常好。因此, 表 3 中的数据说明了, 当采用未浸泡的豆子时, 在热烫溶液中有 0.5% NaHCO<sub>3</sub> 和提高均质压力一样都可以得到满意的效果。

表 2 中也表明了豆子在 0.5% NaHCO<sub>3</sub> 溶液中浸泡一夜之后, 在 0.5% NaHCO<sub>3</sub> 溶液中热烫的时间和均质的温度与压力的影响的数据。热烫 5 分钟, 软度计上的读数为 250, 而当豆糊被加热到 180°F, 并在 3500 磅/平方吋 (二次过程) 压力下均质, 最后的制品在口感和胶体稳定性方面还是分辨不清。但是, 采用同样的热烫条件, 豆糊的温度为 210°F, 及第一次均质压力为 8000 磅/平方吋, 第二次均质压力为 3500 磅/平方吋, 制出的饮料在口感和胶体稳定性方面都是很好的。在 NaHCO<sub>3</sub> 溶液中浸泡, 再在 NaHCO<sub>3</sub> 溶液中热烫 20 分钟的豆子, 软度计上的读数为 165, 此豆糊在温度为 180°F, 压力为 3500 磅/平方吋时均质二次, 所得到的制品, 在口感和胶体稳定性方面被评价是很好的, 甚至是优等的。

此项研究说明了; 在热烫前预先浸泡整大

豆的优越性, 和 0.5% NaHCO<sub>3</sub> 溶液在改进大豆软度上的影响。同样也可以明显地看出, 大幅度的提高均质压力能抵销豆子由于较短时间热烫带来的质地坚硬的影响。因此, 饮料的质量, 特别是胶体的稳定性和口感, 正如表 3 中所列出的。它说明了热烫豆子的软度计数值, 不是最后制品的可接受性的唯一关键。具有高的软度计数值的豆子, 由于能提高均质压力或温度, 而制成胶体稳定一口感良好的制品。因而, 研究了通过均质机的次数, 均质的压力和均质时豆糊的温度之间的相互联系。

有些结果 (未在本文列出) 说明在 200°F 时只进行一次均质, 均质压力至少提高到 6000 磅/平方吋, 才能制成在胶体稳定性和口感方面令人满意的制品。表 3 说明了均质时温度的影响。这些样品没有一个是分层的, 二次均质, 都是冷的, 可获得一种受欢迎的口感和胶体稳定性。热均质后再冷均质, 或者是热均质加热均质, 所得到的饮料的口感和胶体稳定性均比先冷均质再热均质的好。表 4 说明在饮料质数上第一次和第二次均质压力之间的相互联系, 否则, 按照上述的工序制作饮料。其结果表明第一次均质的压力无论是 1500 或 2500 磅/平方吋, 只要提高第二次的均质压力都可改进胶体的稳定性和口感。当先前压力为 1500 磅/平方吋时, 就要求第二次的压力为 5000 磅/平方吋, 才能得到质量非常好的制品, 而第一次压力为

2500 磅/平方吋时, 第二次压力就可为 4000 磅/平方吋, 一样能得到好质量的制品。因此, 采用二次均质时, 一个重要的考虑问题似乎是两次压力的累积。

均质时温度的影响

表 3

第一次均质 (3500磅/平方吋) 前的最高温度°F	第二次均质 (3500磅/平方吋) 前的最高温度°F	口 感
60	60	好
60	180	很好
200	60	优等
200	180	优等

口感测定的数据, 如表 4 和表 5 中列出的, 不能被认为是绝对的, 但是, 数据所说明的倾向是清楚的。预处理, 通过均质机的次数和均质压力的不同组合的影响是明确的。要获得口感很好的制品, 希望有很高的均质压力。但是, 一种采用很高的均质压力的商业性加工法表现出明显的实际缺点, 因此, 最后选择了使用 3500 磅/平方吋的压力, 因为这能得到好的结果, 并且从加工的现实考虑也是合理的。

在第一次和第二次均质压力之间的相互联系 表 4

均 质 压 力		胶体稳定性(吋) 分层的情况	口 感
第一次 (磅/平方吋)	第二次 (磅/平方吋)		
1500	0	1/2	差
1500	500	1/2	不受欢迎
1500	1000	1/4	不受欢迎
1500	2000	1/4	不受欢迎
1500	3500	1/4	不受欢迎
1500	5000	0	很好
1500	6000	0	优等
2500	0	1/2	不受欢迎
2500	500	1/2	不受欢迎
2500	1000	1/2	不受欢迎
2500	2000	1/4	不受欢迎
2500	4000	0	好
2500	5000	0	优等

胶体稳定性。饮料胶体的不稳定, 是个严重的问题, 特别是在以大豆为基础的饮料中。因而, 饮料在 34°F 时静止地放置不同时间后, 来评价这饮料的稳定性是很重要的。要做的感

官评价有: (1) 制品尝味, 评定口感, (2) 凭肉眼来观察瓶中沉降的迹象。再根据下列各部位蛋白质的测定来进行客观的评价 1) 在静置瓶子里饮料的上部, 2) 其底部, 3) 彻底混和瓶子里所含物, 以获得一个合并的数值; 在三个样品中取得的蛋白质含量是一致的话, 则说明了没有沉降及其稳定性是好的。无论采用整大豆(带皮的)或去皮大豆来制作豆浆, 大豆固形物的稀释也是可变的。

表 5 中的数据说明了在 34°F 时放置七天, 对口感和目测分层的感官性质方面没有影响。在客观评价的结果中(没有表示出来), 在瓶中样品的上部和底部的蛋白质含量与混合样品是相同的。因此, 不论带皮与去皮豆子制成的饮料, 都获得了好的胶体稳定性, 豆皮中含有较多的粗纤维。稳定性也不涉及到大豆蛋白质的浓度。上述不同的加工方式则能影响饮料的粘度。为了研究这个问题, 制备带皮的和去皮的样品, 使其具有几种不同固形物含量并测定其粘度。表 6 中的数据说明了, 由于皮的存在, 较多的固形物确实提高了粘度, 因而, 可以推断, 饮料的稳定性与它的粘度没有关系。

用带皮和去皮大豆制作的饮料, 并在 34°F 时静止地放置不同的时间 表 5

样 品	放置时间	喉感和口感	分离后分离物的测定(英寸)
带皮	4小时	好	0.3
去皮	4小时	很好	0
带皮	16小时	很好	0
去皮	16小时	很好	0
带皮	5天	很好	0
带皮	7天	好	0

在后来的观察中发现用巴氏法消毒过的饮料, 不管原料是否去皮, 在 34°F 下可保持稳定没有分层约达两个月, 如有分层, 那也是由于微生物引起腐败形成了酸和发生胶凝(Nelson et al., 1975) 造成的。出现的问题是颗粒的大小是否对这种特殊的稳定性起作用。用Coulter计算器来测量, 表 7 说明了约 10% 的颗粒直径是大于 10 微米, 80% 的颗粒直径是

用带皮和去皮大豆制作的饮料样品的粘度与  
包括的蛋白质含量范围 表 6

蛋白质浓度 (%)	粘度 厘泊/秒 25℃
带皮的	
2.8	10.8
2.0	7.0
1.5	3.7
1.0	3.1
去皮的	
4.6	14.0
2.8	6.3
1.5	3.0

3.4~7.3微米。更有意思的是,没有直径为2.7微米和更小的颗粒。这个大小正好大于通常所认为的胶体颗粒的上限,正好在未均质的豆浆的范围内。因此,这种系统不是一个真正的胶体系统,而且颗粒大小的分布对于饮料的良好稳定性不是单独起作用的。

用Coulter计算器来测定整大豆(没有去皮的)  
饮料的颗粒大小分布 表 7

直径 (微米)	计算a	总量的%
2.7	0	0
3.4	577	10.6
4.6	2141	39.3
5.8	962	17.6
7.3	764	14.0
9.2	430	7.9
10.5	301	5.5
11.6	179	3.2
13.5	56	1.0
>13.5	42	0.8
总量	5,452	99.9

注: a. 饮料中蛋白质含量为3.5%, 样品50毫微米被稀释4000倍的计数

在此试验中,使用的Wayne品种大豆含有约40%的蛋白质和根据索氏抽提法用己烷抽提的20%的油。但是,采用同样方法来测定冷冻干燥饮料,含有3.1%蛋白质,以液体为基础却抽提不到油。根据改进后的Babcock试验

法,当饮料粉用硫酸消化时,就可得到1.7%的油;这与大豆中脂肪与蛋白质的比大体相同。因此,在这种大豆饮料中的油是被复合的化学结构所束缚。进而,可以认为大豆的软化作用是结合豆糊的均质,导致了亲水性蛋白质一类脂物混合物的形成,而这种混和物对于饮料的稳定性是有关联的。

#### 5. 蛋白质与固形物的得率

把两磅Wayne品种大豆在自然温度下放在0.5%NaHCO<sub>3</sub>溶液中(溶液与大豆的比例为3:1)浸泡10小时,最后的浸泡溶液(3.6磅)按湿基计含有0.94%的干物质和0.17%的蛋白质,浸泡的大豆在干净的0.5%NaHCO<sub>3</sub>溶液中热烫30分钟后,溶液的重量为2.6磅,按湿基计含有5.27%的干物质和1.09%的蛋白质。热烫后的大豆,根据差数计,含有1.57磅干物质和0.696磅蛋白质。在这个基础上,生豆子中的95%的蛋白质和总固形物的89%转移到热烫后的豆子中。因此,在加工中,蛋白质或其它固形物没有进一步的损失。

研究了5%的蛋白质损失,测定究竟什么比例是真正蛋白质的损失,因为大豆中有一定量的非蛋白质氮是希望去掉的。凯氏测定法中必然包括无机氮、有机非蛋白质氮和蛋白质,但是双缩尿试验是特别适用测肽键的。因而,就用双缩尿法分析浸泡和热烫溶液中的蛋白质,结果分别为0.034%和0.16%。计算结果说明了,在两种溶液中,双缩尿法蛋白质的总量少于大豆中粗蛋白质(凯氏法氮×6.25)的1%。这说明了上面所看到的蛋白质损耗,实际上是非蛋白质成份。从这一点上可以结论,制成的饮料实际上含有大豆中蛋白质的100%。

但是,总大豆固形物的损耗计算为11%。因此,这种加工法损失的是除大豆蛋白质以外的其它成份,例如寡糖类。在大豆的吸水和烹煮过程中,寡糖类的实际抽提已经得到了证实(ku, 1972)。(收稿日期80.2)

陈震译自英文《Journal of Food Science》Volume 41 (1976)