

关于改进的全脂大豆热处理作业的中试研究¹

PILOT STUDY ON MODIFIED JET-SPLODING OPERATION FOR PROCESSING FULL FAT SOYBEAN

熊易强 博士，美国大豆协会

摘 要

在美国一家饲料厂进行了一项中试研究，研究内容是确定在热处理系统中取消冷却作业后加工全脂大豆的恰当加工参数，并对产品质量作出评价。热处理全脂大豆(JSPSB)的初始温度有如下处理：对非反刍动物饲料有 96（处理代号 J96）、102（J102）、105（J105），对反刍动物饲料为 118（J118）。JSPSB 送进储料仓之前在保温仓保温平均 1.5 h。JSPSB 各处理在储料仓隔夜存放后，在料仓出口采集样品。用工业生产的蒸汽压片全脂大豆(SFSB)和豆粕(SBM)的样品作为对照，分析比较上述 JSPSB 产品的脲酶活性(UA)、胃蛋白酶消化率(%，PD)和体外测定的瘤胃蛋白降解率(%，RDP)。JSPSB 的 J96，J102，J105 和 J118 处理，其 UA 分别是 1.42，0.30，0.14 和 0.03pH 升高值，SFSB 和 SBM 分别是 0.03 和 0.16pH 升高值。J102，J105 和 J118 三个处理以及 SFSB 和 SBM 的 PD 和 RDP 分别是 88.5 和 52.2，88.0 和 45.3，85.8 和 33.4，85.7 和 73.3，90.3 和 77.3。对作为非反刍动物饲料和反刍动物饲料推荐的 JSPSB 热处理初始大豆温度分别是 105 和 118；热风温度则分别降到 232 和 282，而原来进行风扇冷却的情况下的热风温度则分别是 299 和 310。在改进的加工条件下生产的 JSPSB 中几乎没有碳化的豆粒，其 UA、PD 和 RPD 的合并变异系数分别是 6.3%，3.7%和 7.7%。

前 言

先前进行的一项实验室研究表明，将某家饲料厂实行的热处理工艺作些改进，即取消风扇冷却，并恰当控制处理温度和保温时间，可以降低加工成本并提高产

¹ 此文是作者在美国一家公司从事饲料科技开发工作中未发表的研究报告。1999 年 8 月经美国大豆协会组织翻译发表。希望这些科研结果能给同行们提供有用的资料；更希望在如何使科研服务于生产（或者说如何在生产中推进学科发展）这个老话题上与大家交流。

品质量(Xiong, 1991)。在该项研究中对非反刍动物用的热处理全脂大豆(jet-sploded full fat soybeans, 简写 JSPSB)推荐的加工参数是热风温度(喷气管处)232 或初始大豆温度 110 , 保温 30 分钟;对反刍动物用的 JSPSB 推荐参数是热风温度 288—310 , 或初始大豆温度 117—122 , 保温时间延至 14 h(Xiong, 1991)。

本项目是将这些推荐参数用到一家饲料厂的实际生产条件下加以验证研究。都知道实验室研究与现场作业的条件是有差别的。实验室使用的保温瓶,其隔热程度与饲料厂的保温仓和储料仓的隔热程度应当有所不同。保温仓是金属做的,基本上不隔热;而储料仓是水泥做的。在目前生产条件下,主要的隔热作用来自加工的大豆本身。可以合理地推断,仓内从中心到仓壁存在相当明显的温度梯度,尤其是保温仓。方形的保温仓内有一个死角,大豆从仓内连续缓慢出仓时,死角的大豆在全仓出空之前始终停滞不动。因此,为了让保温仓卸空,在进行热处理时必须采用分批作业。这样一来,仓内大豆就会有不同的保温时间。卸料时,保温仓底部的大豆可能已经保温 2.5—3 h(即灌满保温仓所需的时间),而刚从压片机送到的大豆只保温了几秒钟。就是说,采用现有设施,热处理程度的高低不等是不可避免的。如果大豆进入储料仓时能有足够高的温度的话,在储料仓继续保温可能有助于缩小这种差异。所幸的是,从前一项研究(Xiong, 1991)中得知,在很宽的温度和保温时间范围内,脲酶活性都很低(pH 升高值等于或低于 0.2),同时胃蛋白酶消化率都很高。这一情况使得我们不必对现有设施作大的改动而仍能保持相当好的产品质量稳定性。

本项研究的目的,即在该饲料厂的生产条件下,确定取消风扇冷却后的最佳作业参数,并评价 JSPSB 的产品质量稳定性。

材料和方法

大豆温度是影响热处理程度的关键因素。在同一热风温度下,控制通过喷气口的大豆料流速度可以在一定范围内改变大豆温度。换句话说,在不同的热风温度下可以达到同样的大豆温度。因此,本项研究用大豆温度,而不是热风温度,作为关键参数。

图 1 表示该饲料厂的热处理系统。图中只有 1 个储料仓,实际上该系统有几个储料仓,这样可以使不同热处理程度的各批大豆分别储存。本项研究没有从该系统中移除冷却器,但将风扇停机从而取消了空气冷却。

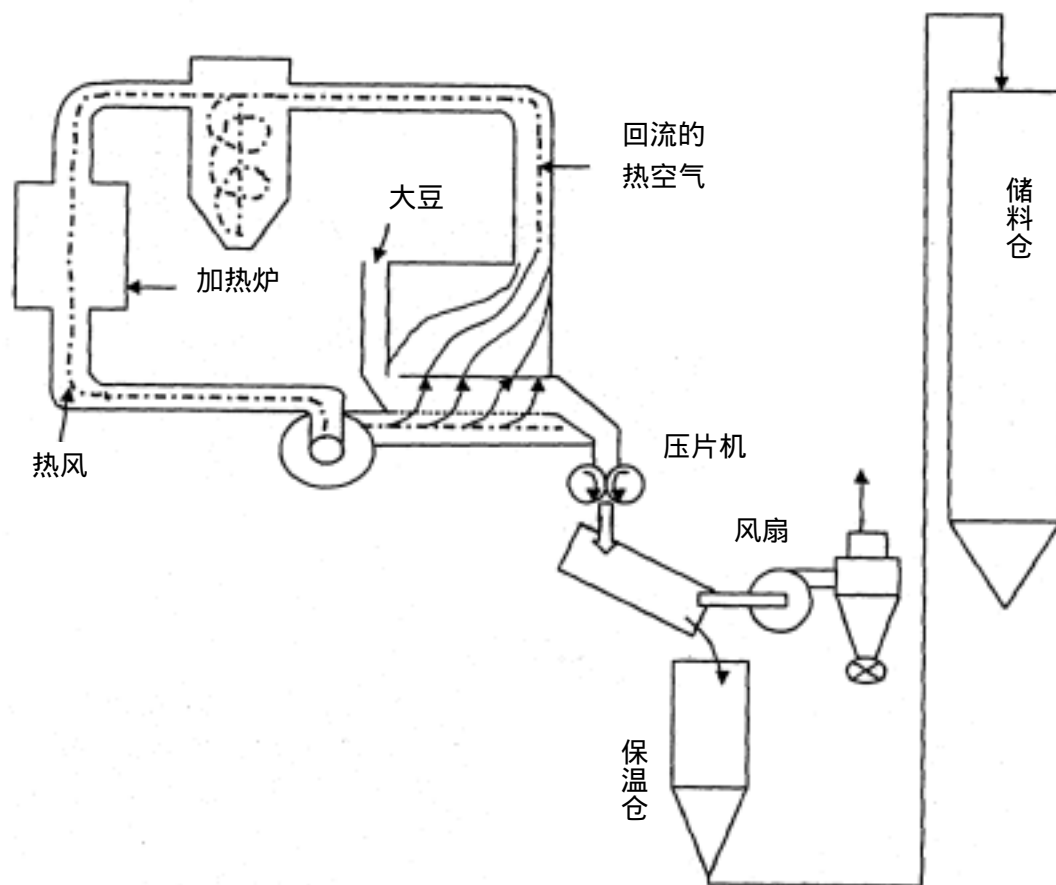


图 1 一家饲料厂的热处理系统

不久前的一项观察表明，初始温度为 113 的 JSPSB 在保温仓保温 24 h，脲酶活性很低(0.03 至 0)。这说明仓内储料的隔热程度优于实验室研究用小保温瓶，因而可以采用相对较低的初始大豆温度而达到实验室研究同样的热处理程度。

用了三批(每批 8 tons)JSPSB 作为非反刍动物饲料，初始大豆温度分别设定为 96 (处理代号 J96)，102 (J102)，105 (J105)。用一批(16 tons)JSPSB 作为反刍动物饲料，初始大豆温度设为 118 (J118)。初始大豆温度是指到达保温仓入口(图 1)的温度。用数字温度计(Fisher 16-077-2A)在距保温仓外金属壁大约 8 cm 处测定大豆温度。热处理后的大豆装满保温仓时即行卸料，转入储料仓；而热处理作业是连续进行的。在转仓时还测定保温仓出口和储料仓入口处的温度。大豆在储料仓内存放过夜，然后卸料送至粉碎机。从储料仓卸料时也测定出仓大豆的温度。

在储料仓隔夜存放后，在卸料处取样，上述 JSPSB 每个处理取 2 至 3 个样品。这些样品代表这修改过的作业的最终产品，被叫作隔夜保温 JSPSB。在 J102 和 J118 的保温仓出口处还各取 1 个合并样品，这两个样品大约有 1.5 h 的平均保温时间，叫作保温 1.5 h 的 JSPSB。从该饲料厂收集 1 个豆粕(SBM)样品，从另一饲料厂收集一个蒸汽压片全脂大豆(SFSB)样品，都用来与 JSPSB 样品进行比较。所有样品都经细磨碎(通过 1 mm 筛)，用来测定水分、脲酶活性(UA)、胃蛋白酶消化率(PD)和体外瘤胃蛋白降解率(RPD)。样品制备和水分测定(100 ℃ 烘箱干燥 24 h)在该饲料厂实验室进行，PD 和 RPD 在北京农业大学动物营养实验室进行。这些项目的分析方法与前一报告(Xiong, 1991)相同，只是 PD 不包括酸空白校正。作此改变的理由如下：1)酸空白实际上是一种(酸)溶蛋白，这对家畜(非反刍)大部分是可利用的，而且会随本研究各处理的程度和类型不同而变动。将这部分蛋白纳入 PD 可以更直接反映家畜(非反刍)可利用蛋白的总量。2)该公司的分析实验室最近决定将无酸校正的稀胃蛋白酶(0.002%)方法作为分析蛋白饲料的常规方法，因为这方法更为简化、灵敏(Johnston 和 Coon, 1979)。

对隔夜保温 JSPSB 样品的实验室分析结果作了方差分析。SFSB、SBM 和保温 1.5 h JSPSB 都只有 1 次观察(1 个样品)，故采用合并标准误来估计其标准误。当 F 试验表明差异显著时，用 LSD 试验对所有处理的平均值之间作多重比较(Snedecor 和 Cochran, 1973)。

结果和讨论

大豆温度：表 1 例出 JSPSB 在不同位置或时间的一些温度记录。保温仓中心的大豆温度未测，但相信这温度与初始温度十分接近。因此，用初始大豆温度与仓壁大豆温度之差来估计仓心与仓壁温度之差，大约是 11 ℃。这是在五月中旬测定的温度，在冬季室温较低时这个温度梯度会更大。为尽量减小这温度梯度，应给金属保温仓加设隔热装置，这也能防止仓壁水汽凝结。储料仓进料时进口处(表 1 位置 3)的大豆温度与储料仓隔夜保温后卸料时出口处(表 1 位置 4)的大豆温度之差，对 J96 是 9 ℃，对 J118 是 7 ℃ (98—91 ℃)。前一项实验室研究中，保温瓶内的大豆温度在隔夜保温后从 122 ℃ 降至 50 ℃ 以下(Xiong, 1991)。这进一步证实了仓内储料隔热性能良好。J118 的仓内储料(16 tons)是 J96(8 tons)的两倍，隔热效果更好。

表 1 JSPSB 在不同位置或时间的温度记录()

初始大豆温度	位置 1*	位置 2*	位置 3*	位置 4*
96	87	86	80	71
118	107	107	98	91

*1. 大约距保温仓壁 8 cm, 2. 保温仓卸料时出口处,
3. 储料仓进料时入口处, 4. 储料仓隔夜保温后卸料时出口处。

在储料仓卸料时出口处采集的 JSPSB 样品的水分(表 2)比先前实验室研究(Xiong, 1991)的该处水分约低 2.5 个百分点。在先前的研究中, JSPSB 样品是在冷却器旁采集的(通过压片机下面一根管子采样);而本研究 JSPSB 样品是在经过冷却器之后采集的, 冷却器表面有大量凝结水。后来在储料仓上方的分配器表面也发现有凝结水。这些凝结水表明该处有水分丢失。为纠正这个情况, 首先应移除冷却器, 并安装一个隔热管道将加工过的大豆从压片机送至保温仓。其次, 如前面提到过, 保温仓应妥善隔热。至于从保温仓的出口至分配器这段传送系统, 如采取隔热措施可能也是有益的, 但不一定是必需且/或合算的, 因为将所有大豆从保温仓送至储料仓只有 20 分钟。

表 2 加工过的大豆产品的含水量

样 品	含水量, %
JSPSP :	
大豆温度, 保温时间	
96 隔夜	7.76
102 1.5 h	5.12
102 隔夜	4.84
105 隔夜	5.26
118 1.5 h	2.86
118 隔夜	2.84
SFSB	8.64
SBM	9.20

在分配器处施放少量负压气流可能有助于消除这里的凝结水。按上述建议进行改装，JSPSB 的水分可能仍比未加工的原料大豆要低，但水分丢失应比目前加工过程少得多。

UA、PD 和 RPD 的分析结果见表 3。初始大豆温度 96 隔夜保温的 JSPSB，其 UA 值很高(1.42pH 升高值)，说明加热不足。但是这产品的颜色(目测)比 102 保温时间短(1.5 h)的 JSPSB 更暗，后者的 UA 值为 0.39pH 升高值。

表 3 加工过的大豆产品的脲酶活性(UA)、胃蛋白酶消化率(PD)和体外测定的瘤胃蛋白降解率(RPD)

样品	UA (pH 升高值)	PD (%)	RPD (%)
JSPSB			
大豆温度，	保温时间		
96	隔夜	1.42 ^a	—
102	1.5h	0.39 ^b	90.5
102	隔夜	0.30 ^b	88.5
105	隔夜	0.14 ^c	88.0
118	1.5h	0 ^d	87.3
118	隔夜	0.03 ^d	85.8
SFSB		0.03 ^d	85.7
SBM		0.16	90.3
S.E.		0.039	3.27

a, b, c, d: p<0.05

有人发现 SBM 产品的颜色与热处理程度高度相关，并建议将它作为热化程度的一项指标(Shields, 1983)。在 SBM 的加工条件下这可能是对的，但在另一些情况下，如本研究所见则行不通。导致大豆产品颜色变化的美拉德反应与脲酶失活是两个不同的反应过程。美拉德反应可能在室温下发生，而脲酶，同其它的酶一样，只能在一定的高温下才会失活。

根据现有数据，在像本加工工艺这样的干热处理条件下，脲酶失活的温度下限是 102—105，此时 UA 值明显下降。初始大豆温度 102 时，保温 1.5 h 和隔夜保温的 JSPSB 的 UA 值分别是 0.39 和 0.30(pH 升高值)(表 3)。按美国饲料工业的

标准，pH 升高值 0.30 或 0.39 仍然高于允许值(0.2pH 升高值)，但实际上可能没有问题，因为欧洲标准一直是 0.5pH 升高值，我们以往的研究也表明，UA 高达 0.45pH 升高值的 SBM 并不影响家畜的生产表现(Shields, 1983)。

如表 3 所示，JSPSB 的所有处理之间，在 PD 方面没有显著差异，而 RPD 随提高温度和加长保温时间而下降。初始温度 118 的 JSPSB 的过瘤胃蛋白质数值(100-RPD)是 SFSB 和 SBM 的 2 倍。这与我们先前的实验室研究(Xiong, 1991)是一致的；同前一项研究一样，SFSB 的 PD 值也低一些，尽管统计上并不显著。前后两项研究的 JSPSB 和 SFSB 来自不同群体，它们之间的上述差别说明，JSPSB 的营养价值可能是比 SFSB 要高。在前一项研究中，保温时间设定为 0、0.25 h、0.5 h、0.75 h、14 h，UA 和 RPD 两项指标都因保温时间不同而有很大差别。本项研究中，只安排了 1.5 h 和隔夜(大约 14 h)两种保温时间，这两个保温时间在 UA 和 RPD 两项指标上的相差值都小得多。这说明，保温时间超过 1.5 h 后热处理效应减弱。如将保温仓改造成两个分隔区，或者另外再建一个保温仓，就能一批一批地卸料使保温时间保持在 1.5—3 h 范围(如将现有保温仓分隔两区)或 3—6 h(如另外再建 1 个保温仓)。不论采取以上哪种措施，延长储料仓的保温时间可能都没有必要了。

根据上述研究结果，在该饲料厂的修改加工系统中提出如下推荐参数：加工非反刍动物用的 JSPSB，初始大豆温度应是 105 ；对反刍动物用的 JSPSB，初始大豆温度应是 118 。由于取消了风扇冷却，制作反刍动物用的和非反刍动物用的 JSPSB 所用的实际热风温度分别从 310 和 299 降低为 282 和 232 。这样不仅显著节省了能耗，还改进了产品质量，产品中也很少看到碳化的焦糊大豆。在当前修改过的生产条件下，尽管大豆温度和保温时间还难免高低不等，但产品的 UA、PD 和 RPD 的合并变异系数分别是 6.3%、3.7%和 7.7%，表示产品稳定性很好。

附注：为了进一步改善大豆产品外观，最近该饲料厂将反刍动物用的 JSPSB 的初始大豆温度又下调到 116 ，热风温度相应降到 278 ，该饲料厂实验室测定的产品 UA 值为“0”(与该厂值班主任电话交谈)。从本项研究和前一项研究(Xiong, 1991)的 RPD 分析来看，作者认为，初始大豆温度 116 对反刍动物也是适宜的。

(刘瑞征 翻译)

参考文献

Johnston , J.D.1979.The use of varying levels of pepsin for pepsin digestion studies with animal proteins.Poultry Sci.58:1271.

Shields Jr. , R.G.1983.Optimum processing of soybean meal (48.5) for swine and poultry. R & D 349 Final Report. Farmland Industries , Inc.

Shields Jr. , R.G.1984.Influence of severity of processing of soybean meal on the performance of growing swine.R&D 377 Final Report.Farmland Industries , Inc.

Snedecor ,G.W.and W.G.Cochran.1973.Statistical Methods.6th edit.Iowa State Univ.Press.Ames ,Iowa.

Xiong , Y.1991.Effects of processing temperature and holding time on in vitro protein (rumen liquor)degradation and(pepsin)digestibility of jet-sploded full fat soybeans.R & D 649 Final Report.Farmland Industries , Inc.