

挤压膨化与后添加技术在饲料工业中的应用（2）

金征宇

3 大豆的挤压膨化

3.1 膨化对大豆营养价值的影响

合理的膨化不仅能有效地使大豆中的抗营养因子，如抗胰蛋白酶、脲酶等失活，而且其高温、高压、高剪切的瞬时作用有利于蛋白质变性、淀粉糊化和大豆油细胞破裂，从而使三者的消化率提高。许多研究表明膨化可显著提高大豆的饲养价值。Dalibard 等（1994）报道，全脂大豆经膨化后蛋白质及氨基酸的消化率明显高于生大豆；荷兰养鸡研究会（1980）的研究表明，膨化使大豆代谢能含量显著提高，每千克饲料干物质的代谢能含量从 15.3MJ 提高到 16.7MJ，无氮浸出物、粗脂肪和蛋白质的消化率分别提高了 11%、6%和 5%；美国大豆协会（1994）对不同生长期的长白猪进行试验，结果表明全脂大豆的膨化处理比爆化、微波或烘炒处理所得的大豆产品具有更高的可消化能值、粗蛋白质可消化率及中性洗涤纤维可消化率，表 2 是对断奶仔猪（ $17.1 \pm 0.2\text{kg}$ ）的试验结果。

表 2 不同热处理法大豆对断奶仔猪的营养价值

项目	豆粕	膨化	爆化	微波	烘炒	差异性
消化能值(MJ/kg 干物质)	16.6	21.0	20.0	19.6	18.5	P<0.05
粗蛋白质消化率/%	76.6	87.8	80.9	80.8	82.1	P<0.05
中性洗涤纤维可消化率/%	53.8	76.2	62.7	63.3	61.9	P<0.05

3.1.1 膨化大豆对猪营养的影响

膨化大豆应用于仔猪，其饲养效果同豆粕加油脂型饲料无显著差异。表 3 是 Hancock 等（1990）给开料仔猪饲喂等赖氨酸和能量的两种饲料，一种饲料的主要成分是玉米、豆粕（SBM）、乳清、大豆油（SBO），另一种是膨化大豆。试验开始时仔猪体重为 7.48kg，试验持续 35d，结果试验组与对照组比较无显著差异（ $P>0.05$ ）。这种结果对我国许多因设备和经济原因以前不可能在饲料中添加脂肪生产高档仔猪料的饲料加工厂带来了方便。

表 3 膨化大豆对断奶仔猪（7.48kg）生产性能的影响

蛋白源	平均日增重 /kg	平均日采食量/kg	料肉比	表观消化率(14d)	
				干物质/%	氮/%
SBM+SBO	0.43	0.76	1.77	85.6	82.0
膨化大豆	0.45	0.79	1.76	85.3	83.5

另外，最新研究表明，大豆中有一种名为 B-伴球蛋白的抗营养因子，它是引起仔猪过敏反应而下痢的主要成分。其活性很难被一般加工工艺破坏，因此豆粕加油脂型的饲料常使仔猪消化紊乱、肠粘膜出现炎症等，从而使仔猪下痢。而动物试验表明，膨化能有效地使该抗营养因子失活。饲喂膨化大豆或膨化豆粕（饼）能有效改善仔猪消化系统微环境，从而有效防止仔猪下痢，这些结果使膨化大豆应用于仔猪饲料具有豆粕加油脂型饲料无可比拟的优越性（金征宇等，1995b）。

饲喂膨化大豆能促进猪的生长及提高饲料利用率。Hanke 等（1972）的试验结果表明，无论是对育成还是育肥，无论是粉状料还是颗粒料，膨化大豆总的饲养效果均好于豆粕。产生这种结果的主要原因是膨化大豆提高了日粮的能量浓度，膨化大豆的油脂易于消化。Newcomb 等（1988）报道猪育肥期饲喂膨化大豆与豆粕比较，还有另一方面的好处，就是使胴体后腿和胴体腰部眼肌中 ω -3 脂肪酸的水平分别提高 2.7 倍和 4 倍。这被认为对人类的健康很有裨益，因为增加食物中 ω -3 脂肪酸的摄入，能使人们冠心病的发病率下降。

3.1.2 膨化大豆对鸡营养的影响

肉用仔鸡是一种生长速度极快的食用禽类，对日粮中的养分，尤其是对蛋白质和能量的需求相当高，因此高能、高蛋白的膨化大豆是很好的饲料资源。

White（1967）等观察到给肉用仔鸡饲喂等能等氮粉料时，饲喂膨化大豆的生产性能次于饲喂豆粕加豆油；Hull（1968）等观察到给肉用仔鸡饲喂等能等氮的豆粕加豆油与膨化大豆的颗粒日粮时，两组的生长速度与饲料转换率差异不显著。Kan（1988）等进行的肉用仔鸡代谢试验也支持上述结果。他们认为以粉料饲喂时，膨化大豆组和豆粕加豆油组在代谢能和脂肪表观消化率方面有明显的差

异；可是同样配方以颗粒料形式饲喂时，代谢能和脂肪的表观消化率都得到了提高，但膨化大豆组的提高更多些，因而使二者的代谢能值和脂肪消化率可以相比。

表 4 肉鸡饲养试验结果(粉料)

项 目	豆油组 I	膨化大豆组 II	膨化生豆饼组 III
入试数/羽	100	100	100
雏重/g	45.0	45.0	45.0
7 周龄均重/g	2 092	2 097	2 143
7 周龄料比	1.926	1.883	1.861

对于肉鸡，从表 4 可以看出膨化大豆及膨化生豆饼在等能和等蛋白的基础上各项指标与豆油组无显著差异，但饲料成本有所节省，且也可不用添加油脂的设备。另外，Porten 等（1974）、Sell（1984）、Leeson 等（1987）试验证明，饲喂膨化大豆的肉鸡其胴体和脂肪组织中 $\omega-3$ 脂肪酸含量高于等能等氮的豆粕组，但胴体级别和产量差异不显著。

至于蛋鸡，Waldroup（1978）等发现饲喂膨化大豆母鸡的生产性能与饲喂等氮豆粕日粮母鸡的相当或更好，结果见表 5。

表 5 膨化大豆对产蛋鸡生产性能的影响(92d)

蛋白源	日产蛋率/%	蛋重/g	哈夫单位	饲料/d(g)	饲料/蛋(g)
大豆粕(CP49%)	77.29b	60.75b	71.04b	104.4a	135.2b
膨化大豆	80.14a	61.21b	71.31b	98.9b	123.5a

注：标有相同字母者无显著差异(P<0.05)

3.2 膨化技术的改进

膨化机是生产膨化大豆的主要设备，由于大豆自身营养组分的限制和目前企

业生产所使用膨化机结构的缺陷,大量的实际调查发现,目前的膨化机及膨化大豆工艺进行工作时普遍存在的问题是:

(1) 操作不稳定,易产生喷爆及大豆油的渗析;

(2) 产量普遍较低(一般在 450~500kg/h·台),单位膨化大豆成本偏高;

(3) 膨化机套筒易磨损,更换和维护费用大。传统膨化工艺套筒使用寿命在 1 000h 左右,每套筒的价格在 4 000 元左右,喂料端为 8 000 元左右。

长期以来这些缺陷限制了膨化大豆在我国饲料工业中的应用。针对上述缺点,可以机械设计和工艺改造双轨并进,以科研和实践生产相结合为出发点。通过对原 PHG135 型膨化机的结构改造,压力环、螺杆调整,原料处理,挤压主要工艺参数变化,使用添加剂以弱化工艺条件等一系列技术的研究,致使目前挤压产量达到 800~1 000kg/h,且产品质量达标,从而使膨化大豆用于饲料工业可行,加工工艺稳定,同时使加工产量得以提高,并对膨化大豆产品作了饲养试验(徐学明等,1998a)。

4 米糠的挤压膨化

4.1 挤压温度对膨化米糠品质的影响

挤压能明显降低米糠中游离脂肪酸的含量,挤压温度愈高则贮藏过程中米糠游离脂肪酸(FFA)的含量越低。结果表明,挤压温度愈高,热敏性较强的脂肪酶被钝化程度愈大;另外从图 1 可以看出,在快速贮藏的前几天内挤压米糠的 FFA 值有一个缓慢降低趋势,这可能是由于挤压过程中产生部分挥发性脂肪酸(徐学明,1995),它们在贮藏过程中逐渐挥发的结果,具体原因有待进一步研究。

油脂在贮藏过程中氧化存在一个诱导期,诱导期前后过氧化值(POV)发生突变(图 2)。挤压能使这种 POV 值突变明显滞后,从而提高米糠的贮藏性能。就挤压温度而言,在贮藏期内 POV 值同挤压温度之间存在着这样一种关系:在温度 135℃ 以上 POV 值随挤压温度升高而升高;在 125℃ 以下随温度升高,POV 值下降。这种结果同国外报道的较为一致(Daniel Martion, et al., 1993),进一步证明了高温挤压米糠在消除引起米糠氧化酸败因子的同时,更大程度地破坏了米糠内天然的抗氧化物质,如 VE。

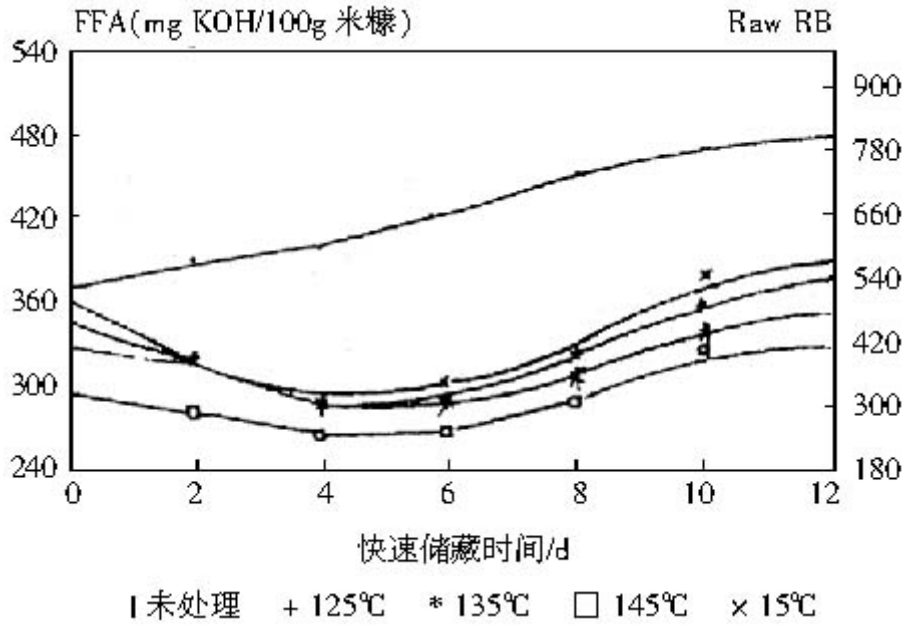


图 1 挤压温度对膨化米糠 FFA 变化的影响

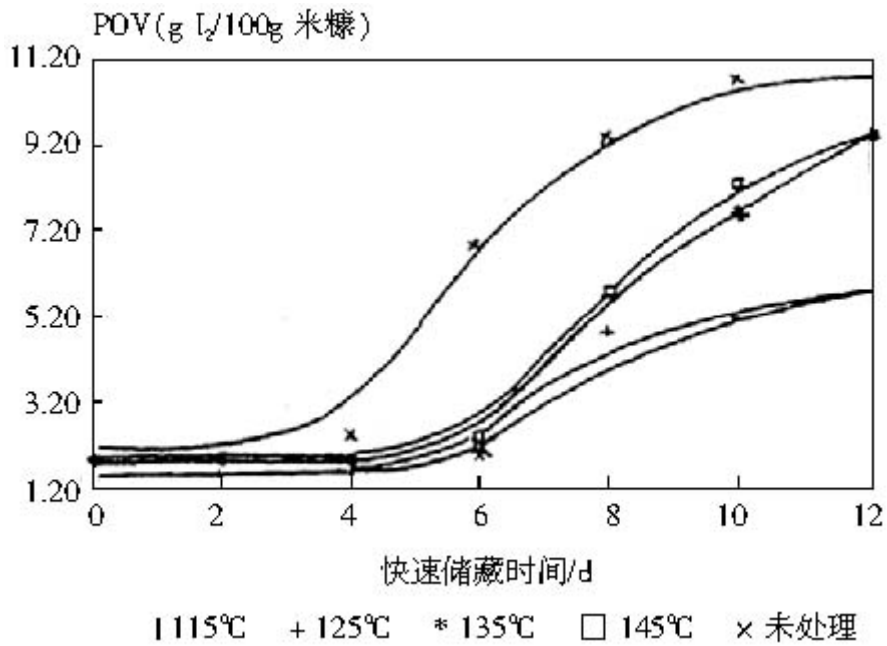


图 2 挤压温度对膨化米糠 POV 变化的影响

由此，就挤压温度而言，可以认为采用 120~130°C 挤压米糠，既可以使解脂酶、过氧化酶有效失活，又能使米糠内天然抗氧化物质受损减少，从而使米糠保鲜期延长。

4.2 原料水分对膨化米糠品质的影响

图 3 表明，在相同挤压温度下，膨化过程中原料米糠水分的提高有利于贮藏过程中脂肪酸值的升高，且从曲线斜率看相对高水分的膨化米糠在贮藏过程的后期 FFA 上升速率加快，这说明在水分为 12% 的膨化米糠中钝化了的脂肪酶复活能力比低水分条件下膨化的米糠来得强（顾尧臣，1987）（膨化过程水分一般散失 2%~3%）。图 4 表明，水分对过氧化值的影响不是太大。综合 FFA 与 POV 的变化，结合加工工艺的方便性，本试验认为米糠膨化过程中直接用低水分的原料米糠为好，不必另加水。

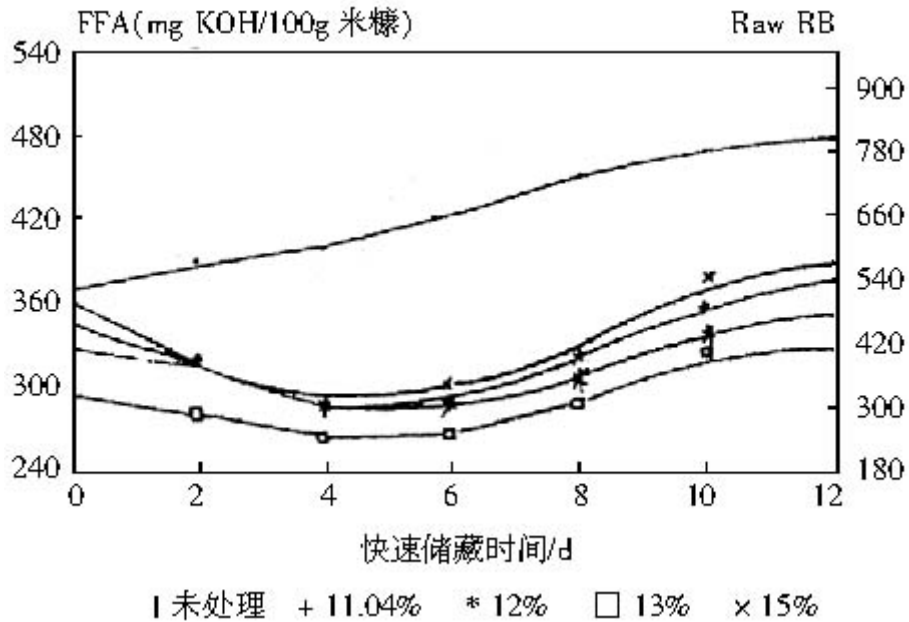


图 3 原料水分对膨化米糠 FFA 变化的影响

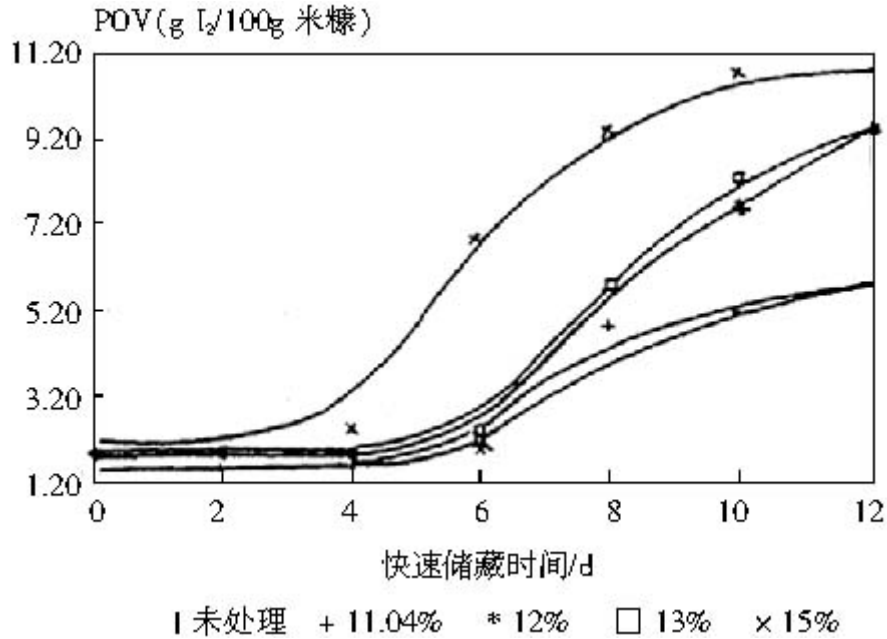


图4 原料水分对膨化米糠 POV 变化的影响

4.3 螺杆转速对膨化米糠品质的影响

转速越低,物料在膨化腔中逗留时间就越长,理论上对酶的钝化效果应越好。模头孔面积的大小及开孔数直接影响挤压的压力及产量,实验表明在其他条件相同的前提下采用孔面积较小的模头挤压对抑制 FFA、POV 的升高均有益,但在贮藏时期内相差不大,且即使采用 $\phi 8 \times 2$ 模头,最终 POV 值也没有超过国家标准 (10gI₂/100g 样品)。因此从提高生产率出发,认为在实际生产中应用 $\phi 8 \times 2$ 较好。

4.4 添加抗氧化剂对膨化米糠品质的影响

笔者进行了添加乙氧喹抗氧化剂的试验,发现抗氧化剂的添加对降低 FFA 及 POV 的升高有益。结合成本考虑以添加抗氧化剂 100mg/kg 较为适合,而增效剂柠檬酸的添加作用不大。

膨化对米糠保鲜具有显著的效果,采用挤压温度 120~130℃、螺杆转速 90rpm、模头 $\phi 8 \times 2$ 、乙氧喹添加量为 100mg/kg 的工艺条件膨化米糠,可使米糠在常温下贮藏 3 个月,FFA、POV 值由原来的 1 082.3mg KOH/100g 米糠、12.40g I₂/100g 米糠降至 235.8mg KOH/100g 米糠、6.57gI₂/100g 米糠。

米糠粗纤维、植酸磷含量高,且含有抗胰蛋白酶及血凝集素等抗营养因子。

通过膨化能否增加可溶性纤维的含量，降解植酸磷，使抗营养因子失活有待进一步研究。