

大豆及豆粕的加工和储运

武书庚¹译,程宗佳²校

(1.中国农业科学院饲料研究所,北京 100081;

2.美国大豆出口协会,北京 100004)

作为植物油和蛋白的来源,大豆是世界上最重要的油料种籽,在美国、巴西、阿根廷和中国大量种植。大豆可加工成食用的豆粉或饲用大豆饼(粕)。中国、日本和东南亚国家常用大豆制作食品;美国和欧洲则主要用于榨油和制成豆粕。世界上已发现的大豆品种有数百种,但用于商业种植生产仅有几十种。

用于饲料工业的大豆产品有两种,即全脂大豆粉和脱脂豆粕,其中脱脂豆粕(呈蓬松或颗粒状)系榨油工业的副产物。从大豆收割至其产品到最终用户的加工和储运过程,均可能出现变质损坏。本文将讨论造成大豆及其产品变质损坏的因素及如何改善这种状况。

1 大豆和豆粕的加工

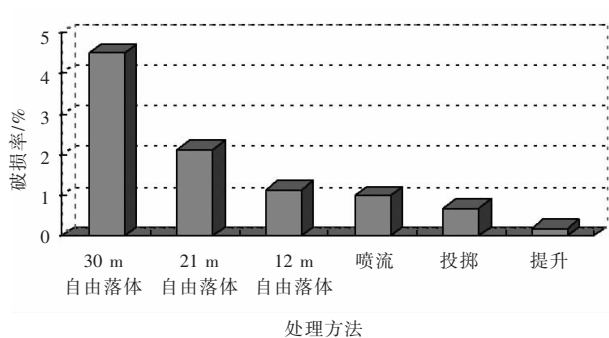
发达国家常采用散装形式储运大豆及豆粕产品,而发展中国家则多采用袋装,还有些国家处于从袋装到散装的过渡阶段。充分认识散装和袋装的优缺点,才能减少产品的变质损坏和经济损失。

1.1 全脂大豆

整粒大豆的处理包括从收割到最终用户的所有过程。从收割到加工成豆油和豆粕,大豆一般需经 15 个环节,若系出口产品则可能达到 20 个。

因大豆种子结构特殊,在机械化处理过程中易裂开和破损。搬运过程对每粒大豆均可造成损伤,

30 m 的自由落体可使 4.5% 的颗粒破损。与其他方法相比,斗式提升机对大豆颗粒的破损程度最低,图 1 显示 4 种不同搬运方式对大豆颗粒的破坏程度。



资料来源: Foster 和 Holman, 1973

图 1 4 种搬运方法对大豆粒的破坏程度

大豆的储存稳定性受其颗粒破损程度及其他因素(如:霉变或昆虫)的影响,故储存大豆前需检查其破损程度,若破损或裂纹的颗粒较多,最好先筛选,以筛除破损和裂纹颗粒,这些破损粒不易长期储存故需尽早使用。

1.2 豆粕

因流动性差和剪刀撑特性,使得豆粕的处理比较困难。长期储存的豆粕会下陷和压实(多数颗粒物料有此情况),若水分含量高、储存时间长、粒度较小则情况更糟。故散装豆粕最好储存于平面建筑物,而非筒仓。可用标准运输机装卸物料,或与前置

装卸器的拖拉机联合使用。新型刮板式输送螺旋可有效回收筒仓中的粉状物料,市面上有多种型号和运输能力的类似产品可选购,如有可从平底筒仓中回收粉状物料、还有能从底部带贮料斗的筒仓中回收粉状物料的产品。因其造价较高,饲料工业未将其作为标准配置。

添加碳酸钙、斑脱土钙或斑脱土钠(0.25%~0.5%)可改善豆粕的流动性,还有助于减少混合过程的失重。电子振动器和压缩空气也用于增加豆粕的流动性,以便于从贮存仓中取出。

散装物料的流动特性与其颗粒外形、密度、摩擦性质和水分含量等因素有关。

2 影响安全生产和储运的因素

影响大豆和豆粕储存稳定性的 3 个主要因素为:水分含量、温度和贮存期,另外产品的物理状况和杂质含量也影响其储存稳定性。

2.1 水分含量

水分是影响大豆和豆粕储存稳定性的最重要因素。收割时大豆含水 12%~15%,含水大于 13%就应考虑干燥,以减少因种子呼吸、霉菌感染、发热造成

的损伤,以及减少发芽。谷物和油料种子中水分有两种存在形式:游离水(以蒸汽形式存在、干燥时会挥发)和结合水(“锁”在谷物的分子结构中、干燥时不会挥发)。

总之,水分含量较低时,大豆可安全储存较长时间,表 1 列出了大豆的安全储存水分含量。

表 1 大豆在不同水分含量情况下的贮存期

水分含量/%	10~11	10~12.5	13~14	14~15
用途				
作为商品储存	4 年	1~3 年	6~9 月	6 月
作为种子储存	1 年	6 月	发芽率低	发芽率低

大豆和豆粕系吸湿性物料,可从环境中吸收或损失水分。特定环境温度下、产品水分含量恒定,即平衡相对湿度(ERH)或平衡水分含量(EMC)。大豆和豆粕产品的 ERH 和 EMC 见表 2 和表 3,图 2 列出了大豆在不同温度和相对湿度范围内的解吸附作用。大豆 EMC 值系基于公认的 Chung-Pfost(基于谷物的方程)计算而来。

解吸附作用时大豆和豆粕的 EMC 高于吸附作用,此现象称为滞后作用。这在多数农产品(如:谷

表 2 大豆平衡水分含量(解吸附作用)

相对湿度/%	10	20	30	40	50	60	70	80	90
温度/℃									
5	5.2	6.3	6.9	7.7	8.6	10.4	12.9	16.9	22.4
15	4.3	5.7	6.5	7.2	8.1	10.1	12.4	16.1	21.9
25	3.8	5.3	6.1	6.9	7.8	9.7	12.1	15.8	21.3
35	3.5	4.8	5.7	6.4	7.6	9.3	11.7	15.4	20.6
45	2.9	4.0	5.0	6.0	7.1	8.7	11.1	14.9	-
55	2.7	3.6	4.2	5.4	6.5	8.0	10.6	-	-

表 3 豆粕平衡水分含量

解吸附作用				吸附作用			
水分含量/%	15℃	25℃	35℃	水分含量/%	15℃	25℃	35℃
35.2	93.5	95.9	93.9	23.5	85.8	86.6	86.9
25.3	88.0	88.9	90.2	17.6	79.0	80.0	80.2
18.2	79.4	79.2	78.6	12.5	66.5	68.1	68.1
7.8	37.2	40.9	44.7	8.9	49.5	51.6	53.1
5.9	18.3	20.0	22.4	6.9	29.9	33.7	36.3

物、油籽、皮革、肉,甚至蔬菜)上均有表现。但重复吸附和解吸附作用后,谷物的滞后作用不复存在。与其他谷物相比,大豆和豆粕的滞后作用较轻微。

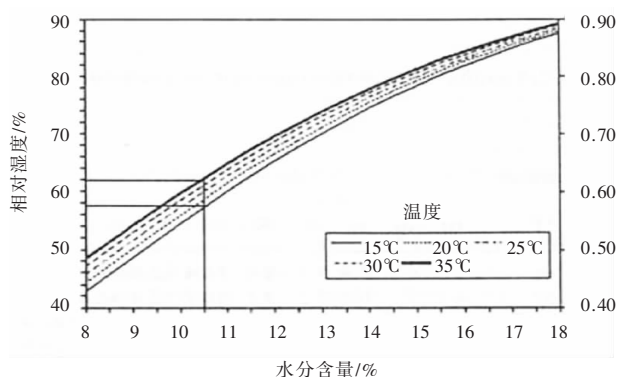


图2 基于修改的 Chung-Pfost 谷物方程计算的大豆的平衡水分含量(ASAE 1993 标准)

因油脂含量较低,多数水分含量情况下,豆粕的 ERH 低于整粒大豆。这意味着在同样的空气相对湿度情况下,豆粕的 EMC 高于整粒大豆。

吸附和解吸附水分的速率与产品在空气中的暴露方式有关,如:麻袋存放的大豆吸水或失水速率大于筒仓。袋装储存具有自主通风和冷却的特点,故多数发展中国家采用这一储存方式。因筒仓储存采用了可控的通风和冷却技术,从而保证了大豆的品质。向大豆包裹中充气,也可较好的保存大豆,但因气流模式不平衡,使得谷物温度不统一,所以生产中不采用这种方式。

2.2 温度

温度是影响大豆储存稳定性的另一重要因素。随着温度的升高,大豆和豆粕的真菌生长增加、化学变化(如:氧化)发生。27~35℃适于昆虫生长,低于16℃昆虫失活和因饥饿而死,60℃10min可杀死多数昆虫。

水分含量14%~14.3%的大豆在5~8℃下可储存2年不会变质,而30℃下储存数周即可引起发霉,储存6个月则严重损坏。有研究表明,10.5%水分的大豆可在任意环境温度下储存,不会因霉菌而遭破坏,但温度高于22℃会有昆虫侵染,相当于种

子的 we-bulb 温度为15℃或相对湿度60%。

温度还影响水分的迁徙,谷物中水分迁徙的驱动力来自温度梯度。此状况可引起谷物中较少的空气流动和水分迁徙,据估计16.7℃的温度梯度可致种子内0.06m/min的气流。因此在安全温度下的储存的谷物,也可能因水分迁徙及谷物内部气流造成损坏。谷仓中的气流受产生温度梯度的外界环境温度的影响,水泥或金属筒仓均有此现象,但两种仓的气流强度不同(见图3)。

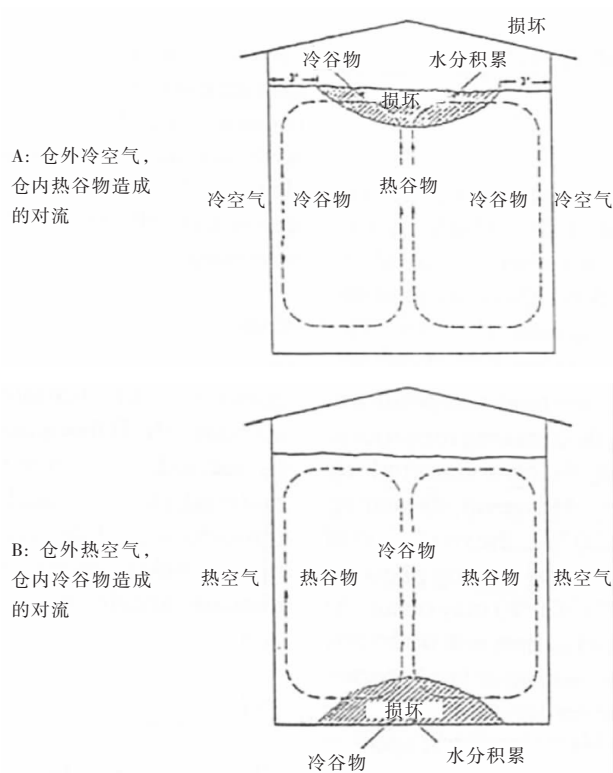


图3 因温度梯度而致的筒仓中的对流状况

因谷物具有绝缘特性,日间温度变化对储存谷物温度变化的影响较小,但具有累积效应。图中显示,启动谷物中的空气流动的相对恒定的高温差需要较长的时间才能达到,但温热潮湿的热带气候下,储存在金属仓中的谷物,在仓内壁会有“出汗”现象,白天金属仓内壁有来自外界的极端高温,晚上金属迅速冷却,使得潮气在仓内壁凝结成露珠,造成金属内的结块和炭化。

2.3 储存期

储存期间,大豆和豆粕的损坏是其水含量、温度和储存期共同作用的结果,控制环境(如:低水分、低温度、短期储存),使其不宜霉菌生长,才能控制霉菌。

2.4 异物的存在

美国对异物的定义为:3.2 mm 圆孔筛筛下物及筛上物中非大豆的物料。装仓过程中,细粉状异物会占据谷物间的空隙,而被隔离;较大、较轻的物料积累在仓壁。图 4 中列举了储存仓中物料分级过程。

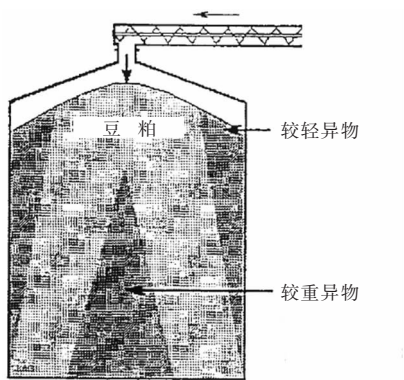


图 4 谷仓装载谷物时,较轻和较重异物的分级情况示意图

通风过程中,气流会绕过高浓度精细异物颗粒、通过高浓度大块异物区域,从而导致不平衡气流,影响通风效果。因此,谷物中的不通风充气的“囊”是潜在的热点,能为昆虫的生长和繁殖提供理想环境。储存前筛清大豆可最终减少大豆的损坏和经济损失,将成为谷物加工企业的维持谷物品质措施中的一环。

2.5 生产条件和历史

与良好大豆颗粒相比,因冷冻、破裂、裂口和储存真菌造成的破损颗粒的可储存性较差。裂口颗粒更易被昆虫和真菌感染,良好颗粒的种皮可一定程度上保护种子免遭昆虫和真菌感染。传送带可安全、有效地较远距离的传送大豆颗粒,而不破坏谷粒。从收割到出口,大豆一般要经过 15~19 次的搬运,每次处理和搬运均会增加破坏和裂纹颗粒。与

大豆相比,豆粕更易遭受蛀虫和红粉甲虫群袭;象鼻虫则将卵产在大豆颗粒上,孵化的幼虫以大豆为食。

3 变坏的指示

3.1 发热

谷物和油籽储存变坏最常见的指示是发热,谷物高温表明有微生物或昆虫活动。若不及时采取措施,高温贮藏可致谷物热损伤或炭化。谷物发热的最高温度约 58℃,此时昆虫和霉菌均被杀死,温度不再进一步升高,逐渐降低到周围环境温度。最初大豆储存时便有微生物和昆虫活动,但随着储存期的延长,温度升高,高于 50℃ 后豆油开始氧化,使得温度进入了自我稳定过程。温度有可能高于 150℃,此极端温度下,必然发生炭化,若发热点有足够的氧气,则可能出现明显的自燃或着火。因此,在其达到关键控制温度之前,必须冷却或驱散储存大豆的发热点。如果储存大豆已经出现发热点而不采取措施,则可能因自燃(炭化)而损失产品,或因大火而损失设备。发生大火时,用空气冷却情况会更糟。大豆储存仓中必需安装温度监控系统,但储存中大豆温度的升高,不必立即采取措施。

3.2 颜色和外观的变化

良好大豆颗粒饱满、均匀的茶色(非绿色)、没有异常斑点、皱纹等。大豆脱色表明品质较差、市场价值较低。颜色的变化与霉菌入侵、微生物呼吸以及因此而导致的发热有关。该变质过程可通过定期从大豆储存仓中采样(作为维持大豆品质的措施之一)来检测。一旦检测出大豆颜色有变,则需要采取合适的措施(如:通风冷却或通过便携式制冷单元冷却)。还可采用倒仓措施,转运过程可中断所有储存大豆的发热点,从而冷却。但因倒仓比较昂贵、增加破损或裂纹颗粒,故系最后的选择。

3.3 发霉和异味情况

异味表明昆虫或霉菌生长繁殖旺盛,应立即采取措施。检测到异味则应加强通风驱除异味,冷却物料,并优先使用;若有虫害则应立即熏蒸;异味强烈则表明大豆发生了化学变化(酸败)。

3.4 储存昆虫情况

大量的象鼻虫和小蛾存在时,意味着正处于害虫的繁殖盛期。谷象(*Sitophilus granadarius*)可侵染整粒大豆,但不生长于豆粕;而红面象虫(*Tribolium castaneum*)和谷斑皮蠹(*Trogoderma granadarius*)可在相对湿度大于 75%、温度高于 30℃的情况下侵染豆粕。杏树蛾(*Ephestia cautela*)甚至可在 8.8%水分、30℃下生长。

3.5 结块和成饼

结块和成饼表明大豆或豆粕处于感染真菌的后期。金属仓因仓壁较冷,仓内壁“出汗”或水分浓缩,使得仓壁经常会出现成饼现象。浓缩的水分被邻近的谷物吸收,造成萌芽或霉菌生长。因仓顶漏水、自然对流可致水分迁徙或迁移,增加谷物水分,从而发生结块(见图 3)。打包储存情况下,也可能因吸收空气中水分、仓顶漏水、地板的毛(细)管水而致水分含量增加,造成大豆或豆粕成饼。将包码放在货盘上可避免毛(细管)水,水泥地板可在建设时制作防渗层,在结构中放入塑料板,阻隔水分通过。

4 储存期间的化学变化

储存大豆会经历物理、生物和化学变化,这甚至在理想的储存条件下也能发生。这些变化中有些可能对大豆或豆粕的最终品质影响较小。储存大豆是否发生化学变化的指示之一是游离脂肪酸(FFA)含量,若 FFA 含量大于 1%,表明其中豆油酸败。温度、湿度对 FFA 含量的影响见图 5、6 和 7。储存过程中大豆的重要化学变化包括:种子发育能力、颜色、水分含量、磷脂分解和蛋白变性。大豆比豆粕更耐储存,全脂豆粉因油脂含量较高,比脱脂豆粕更易变质。

图中可以看出高温储存水分含量高于 10.5%的大豆,豆油中 FFA 含量会迅速增加和超过可接受水平(1%);这些结果说明应尽量降低大豆储存过程中的温度和湿度,在豆油中 FFA 含量高于 1%以前用完。

储存大豆过程中需要控制昆虫和霉菌的生长,水分含量 $\leq 10.5\%$,大豆可在任何环境温度下储存而不发霉;但此温度下,相对湿度大于 60%后,昆虫

仍可生长和繁殖。

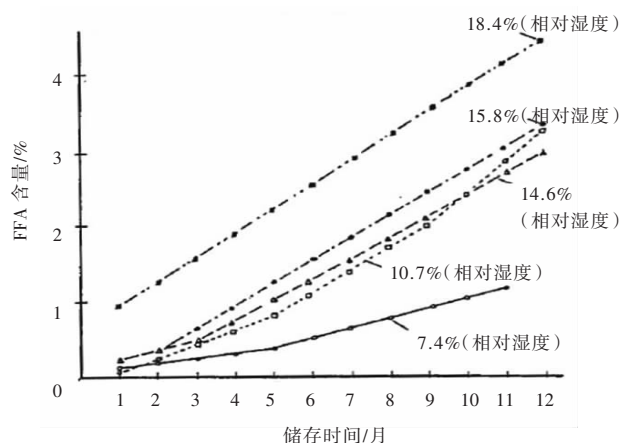


图 5 37.8℃储存大豆过程中,豆油中 FFA 含量随时间和温度的变化情况

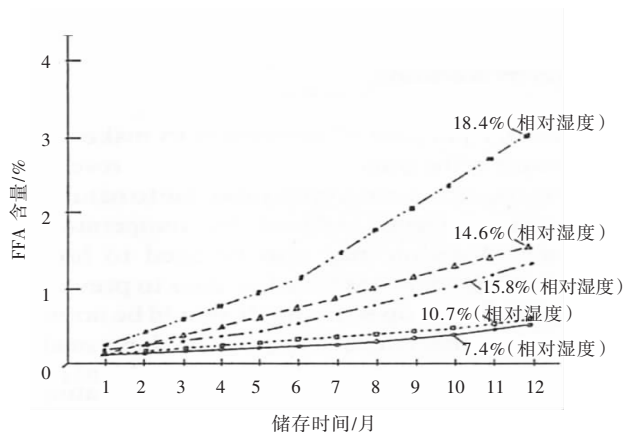


图 6 21℃储存大豆过程中,豆油中 FFA 含量随时间和温度的变化情况

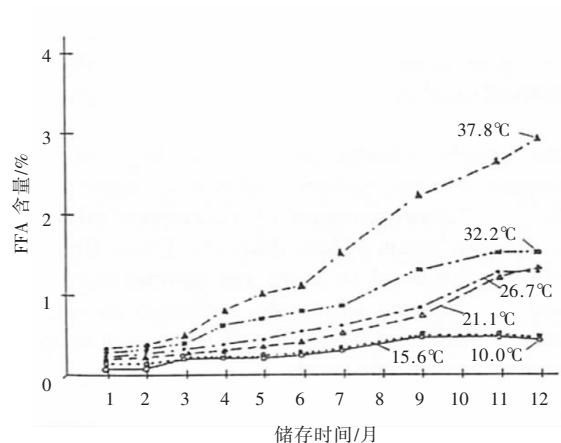


图 7 储存 14.6%水分的大豆过程中,豆油中 FFA 含量随温度和时间的变化情况

5 维持品质

一旦大豆成熟、收割,其固有品质就固定,只能在适当的干燥、初清和控制环境状况下保持品质。大豆品质的维持包括多种操作过程,为大豆和豆粕储存提供适当的环境状况,最小化环境温度、湿度的综合破坏作用,包括:减慢不期望的化学变化发生,抑制霉菌和昆虫的活动,达此目标需要做到:具有合适的温度监控系统、定期采集样品和准确检测、具有可靠的冷却或通风系统。

5.1 监控温度

储存谷物最方便的检测指标是测量温度,小型农场的储存仓可考虑使用温度探针来监控谷物温度,同时采集代表性样品。但大型商业化的储存仓,需要配备热电偶探针和多点电位计,以监控温度变化,现代化的谷物储存仓,均配备了温度监控系统。若不能远程监控,则只能依赖谷物探针,多点监控温度,这样操作效率较低、麻烦,造成操作人员的气馁、埋下造成经济损失的后患。

5.2 采样、监视和测试

维持储存大豆和豆粕品质的另一关键控制点就是系统监控环境和产品状况。包括定期采样和分析其变质的敏感指标(异味、霉菌状况、发热、褪色和活体昆虫存在与否),采样的同时,还要检查储存设备的水分积累情况、仓顶是否漏水,及储存设备的其他物理损伤。

5.3 通风降温

通风的主要目的在于使储存谷物的温度均匀一致,防止因温度梯度所致自然对流造成的谷物中的水分迁徙。通风还能在充分干燥前,保存部分干燥大豆数天,防止其遭受破坏。通风并不能干燥谷物,除非环境相对湿度低于 40%。仓中谷物的通风可通过送风(正压)或抽风(负压)来实现,各有优缺点。正压通风时,若排风口不足,则可能造成仓顶下面浓缩湿气;而负压通风则从热金属顶的下面(外界环境)抽热风,可增加谷物的热量。给高筒仓储存大豆通风的折中方法就是交叉气流分配系统,该系统可

消除上述问题、减少通风时间和能耗。有效系统的标准是在较短的时间内、用较小的气流来冷却仓储谷物。可通过选择合适的风扇尺寸和种类、空气分配系统、气流方向、气流速度。

如大豆储存的深度为 12.2 m,气流速率 80 L/(min·m³)谷物,每 35.32 m³ 大豆,在 3 cm 静压状态下,需要 0.04 马力的动力;同样量的大豆在气流速率 40 L/min/m³ 谷物下,在 1.85 cm 静压状态下,需要 0.013 马力的动力,这表明气流速率降低一半,会降低 1/3 的动力需要。

6 小结

大豆和豆粕成功储运的关键在于对 3 个主要引起损失的影响因子(温度、水分和储存时间)组合效应的认识和控制。

高温和高湿(相对湿度>65%)环境适于真菌和昆虫生长发育;对储存产品的有效监控措施(通风、冷却、通气等)系维持产品的湿度和温度统一所不可缺少,从而维持大豆和豆粕产品的品质。

储存过程不可能改善大豆和豆粕的原始品质,随着储存时间的延长,品质只能变差。但这种变差过程可因储存环境冷、干而变慢,从而确保需要时大豆和豆粕的品质。▲

本文摘译自《Feed Technology》一书中的 Handling and Storage of Soybeans and Soybean Meal。原作者 Ulysses A. Acasio 教授(Department of Grain Science and Industry, Kansas States University)。

本文由美国大豆出口协会推荐。欲获取原文及参考文献,请与美国大豆出口协会或本编辑部联系。

美国大豆出口协会北京办事处联系方式:

(010)65051830

