

进口大豆储存期间品质变化研究

郑有涛,曾剑豪,孙玉萍,陈伟,杨亚,仇长璐,符文志

(中粮(东莞)粮油工业有限公司,广东东莞523145)

摘要:旨在为进口大豆安全储存和生产实践提供参考,结合到港美国大豆和巴西大豆品质特点,模拟大豆在立筒仓静态储存期间的环境条件,研究其在不同储存温度下的品质变化情况。结果表明:在加速模拟储存试验中,水分为13.00%、粗脂肪酸值(KOH)为1.24 mg/g、热损伤粒率为0.27%的巴西大豆,在36℃下宜存期在105 d左右,在40℃下宜存期缩短为90 d左右;水分为13.78%、粗脂肪酸值(KOH)为2.31 mg/g、热损伤粒率为2.86%的巴西大豆,在36℃和40℃下宜存期均没有超过30 d;而水分为10.85%、粗脂肪酸值(KOH)为0.80 mg/g、热损伤粒率为0.27%的美国大豆,在40℃下储存77 d后,其粗脂肪酸值(KOH)为2.25 mg/g,即便是在45℃下储存77 d,其粗脂肪酸值(KOH)也仅为3.05 mg/g,仍符合高油大豆的宜存要求。综上,美国大豆无论是实际储存情况还是在加速模拟储存试验中高温条件下储存,其抗高温能力远远优于巴西大豆,油脂企业应结合其产地大豆品质特点和加工计划对加工原料进行综合评估,产销协同。

关键词:美国大豆;巴西大豆;热损;高温储存;品质变化

中图分类号:TS222;TS227

文献标识码:A

文章编号:1003-7969(2025)01-0072-06

Quality changes of imported soybeans during storage

ZHENG Youtao, ZENG Jianhao, SUN Yuping, CHEN Wei,

YANG Ya, QIU Changlu, FU Wenzhi

(COFCO (Dongguan) Grain and Oil Industry Co., Ltd., Dongguan 523145, Guangdong, China)

Abstract: Aiming to provide reference for the safe storage and production practice of imported soybeans, a targeted experimental plan simulating the environmental conditions of soybeans during static storage in silos was developed to study their quality changes at different storage temperatures by combining the quality characteristics of American soybeans and Brazilian soybeans at the port. The results showed that in accelerated simulated storage test, Brazilian soybeans with moisture content of 13.00%, crude fat acidity of 1.24 mgKOH/g, and percent of heat-damaged kernel of 0.27% were found to have a shelf life of only about 105 d at 36℃, and at 40℃, the shelf life was shortened to about 90 d. Brazilian soybeans with moisture content of 13.78%, crude fat acidity of 2.31 mgKOH/g, and percent of heat-damaged kernel of 2.86% were suitable for storage for no more than 30 d at both 36℃ and 40℃. The American soybeans with moisture content of 10.85%, crude fat acidity of 0.80 mgKOH/g, and percent of heat-damaged kernel of 0.27% had a crude fat acidity of 2.25 mgKOH/g after being stored for 77 d in an accelerated simulated experiment at 40℃, and even at 45℃, the crude fat acidity was only 3.05 mgKOH/g, which still met the suitable storage requirements for high oil soybeans. In conclusion, American soybeans exhibit significantly better high-temperature resistance than Brazilian soybeans, both in actual storage and under high-temperature conditions during accelerated simulated storage tests. Oil

收稿日期:2023-07-31;修回日期:2024-07-26

作者简介:郑有涛(1974),男,工程师,主要从事油脂工艺研究和油料及其油脂相关品质储藏管理(E-mail)zhengyoutao@cofco.com。

通信作者:符文志,助理工程师(E-mail)fuwenzhi2019@163.com。

and fat enterprises should comprehensively evaluate the processing materials based on the quality characteristics and processing plans of their soybeans production areas, and coordinate production and sales.

Key words: American soybeans; Brazilian soybeans; heat – damage; high – temperature storage; quality change

世界范围的人口和收入增长推动了消费者对油脂和家畜产品的需求,促进了大豆、油菜籽、花生、葵花籽、亚麻籽、棉籽、红花籽、棕榈果、椰子等油料产业的发展。大豆富含优质蛋白质和油脂,其货源既丰富又可靠,价格具有竞争力,在全世界油料市场保持着优势的地位。美国农业部(USDA)数据显示,2021/2022 年度全球油料产量 6.30 亿 t,其中大豆产量 3.84 亿 t,约占全球油料产量的 61%,美国和巴西处于世界大豆生产的最前列。海关统计数据表示,2010—2019 年我国大豆进口主要集中在美国、巴西以及阿根廷 3 个国家,我国从这 3 个国家进口的大豆数量占总进口量的比例高达 97.59%,其中美国大豆和巴西大豆的进口量较高。海关总署数据显示,2022 年我国大豆进口总量为 8 921.8 万 t,其中从美国进口的大豆数量约为 2 780.2 万 t,从巴西进口的大豆数量达到了 5 439.3 万 t,占比分别为 31.16% 和 60.97%,合计为 92.13%。

进口大豆运输时间在一个月左右,加之船运路线经过赤道,船舱内外温差大,大豆容易出现结露、热损等现象,增加了大豆的储存风险。每年 5—8 月进口大豆集中到港,此时恰逢夏季高温,尤其是南方地区的高温和高湿环境易导致大豆热损程度加剧。热损大豆在储存期间会发生系列复杂变化,很大程度上直接影响油脂制取的效果。金俊等^[1]研究发现,大豆热损时其粗脂肪酸值、蛋白溶解度、气味等指标会发生明显变化,进而影响大豆品质及使用价值。因此,有必要探讨进口大豆在特定高温环境下储存期间品质变化的规律。

不同国家所生产大豆的品质不同,储存期间品质变化也存在差异。到港美国大豆水分低,热损较低,储存期间油料温度变化幅度较小,品质相对来说较为稳定;而巴西大豆水分高,热损偏高,储存期间油料温度变化较快,品质变化更为复杂。对于大豆来说,呼吸作用的最高点温度为 40℃ 左右^[2]。结合历年来美国大豆和巴西大豆品质特点,本研究在实验室条件下,以进口巴西大豆和进口美国大豆为原料,采用恒温箱模拟立筒仓静态储存环境,通过特定温度加速品质变化探讨大豆热损等质量指标的变化情况,以期预测进口大豆储存时间,减少大豆储存损失,为大豆压榨厂生产加工安排提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

进口巴西大豆、美国大豆,来自于广东南沙港码头,均为高含油大豆。

氢氧化钠、石油醚,成都市科隆化学品有限公司;异丙醇,天津市永大化学试剂有限公司;Kjeltec 催化片,丹麦福斯公司;溴甲酚绿、甲基红,天津科密欧化学试剂有限公司;酚酞,天津基准化学试剂有限公司;乙醇、硼酸,福晨(天津)化学试剂有限公司;硫酸、盐酸,广州市金华大化学试剂有限公司。

8400 凯氏定氮仪、DT208 消化炉、Soxtec8000 脂肪测定仪,丹麦福斯公司;4204 分样器,美国 Gamet 公司;FD56 烘箱,德国 Binder 公司;UF75 电热恒温烘箱,德国 Memmert 公司;SHA – BA 水浴恒温振荡器,江苏中大仪器科技有限公司;JFSD – 100 II 高效粉碎机,上海嘉定粮油仪器有限公司;QUINTIX224 – 1CN 天平(万分之一)、Practum612 – 1CN 天平(百分之一),北京赛多利斯天平有限公司;Sigma 3 – 153K – 15 – 10797 离心机,德国 Sigma 公司。

1.2 试验方法

1.2.1 模拟储存过程

巴西大豆加速模拟储存试验:在热损伤粒率 $\leq 1\%$ 、 $1\% \sim 3\%$ 、 $3\% \sim 5\%$ 、 $> 5\%$ 范围内分别选取 5 kg 巴西大豆样品各 2 份,分别装入 5 L 透明带盖的 PET 瓶中,并分别于 36、40℃ 下模拟立筒仓储存环境储存 9 个周期,一个周期 15 d。每周取样检测水分、热损伤粒率、粗脂肪酸值、粗蛋白质含量、蛋白质溶解比率。

美国大豆加速模拟储存试验:将均匀分样后的 2 份 10 kg 美国大豆样品分别装入 10 L 透明带盖的 PET 瓶中,并分别于 40、45℃ 下模拟立筒仓储存环境储存 11 个周期,一个周期 7 d。在储存 0 周期和 11 个周期后取样检测水分、粗脂肪酸值、蛋白质溶解比率,热损伤粒率则每周取样检测。

1.2.2 质量指标测定

水分,参考 AOCS Official Method Ac 2 – 41 (2009) 测定;总损伤粒率、热损伤粒率、完整粒率,参考 GB/T 1352—2023《大豆》附录 A 测定;粗脂肪酸值,按 GB/T 14488.1—2008 先提取大豆粗脂肪,再参考 GB 5009.229—2016《食品安全国家标准 食品中酸价的测定》测定;粗蛋白质含量,参考 GB

5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》测定;蛋白质溶解比率,参考 GB/T 31785—2015《大豆储存品质判定规则》测定。

2 结果与分析

2.1 到港大豆品质

表 1 为进口美国、巴西大豆到港质量指标。

表 1 进口大豆到港质量指标

Table 1 Quality indicators of imported soybeans arrivals

产地	批次	粗蛋白质含量/%	水分/%	热损伤粒率/%	总损伤粒率/%	粗脂肪酸值(KOH)/(mg/g)	完整粒率/%
美国	12	33.87 ~ 34.83 (34.36)	9.93 ~ 13.06 (11.37)	0.25 ~ 1.00 (0.49)	0.68 ~ 1.05 (0.89)	0.89 ~ 1.49 (1.17)	88.28 ~ 97.00 (91.59)
巴西	30	34.06 ~ 34.76 (34.43)	11.55 ~ 13.85 (12.97)	0.29 ~ 8.51 (2.58)	0.69 ~ 10.12 (3.90)	1.50 ~ 3.63 (2.53)	74.71 ~ 92.45 (88.74)

注:括号内数值为检测均值

Note: Values in brackets are average values

由表 1 可知:到港美国大豆水分均值为 11.37%,热损伤粒率均值为 0.49%;巴西大豆水分均值为 12.97%,热损伤粒率均值为 2.58%,巴西大豆水分高于美国大豆,且高于常规粮食安全储存水分标准限值($\leq 12.0\%$)^[3]。美国大豆完整粒率均值为 91.59%,巴西大豆完整粒率均值为 88.74%,巴西大豆完整粒率低于美国大豆。大豆的外壳完整性被破坏时,将改变大豆内部的气体状态,使其储存稳定性降低。到港巴西大豆粗脂肪酸值(KOH)均值为 2.53 mg/g,美国大豆粗脂肪酸值(KOH)均值为 1.17 mg/g。在储存运输过程中,大豆会放出热量,导致油料温度上升,水分高的巴西大豆储存过程中品质变化更为复杂,如高分子化合物被水解及低分子化合物的累积,从而导致粗脂肪酸值

的增长。华南某港口监测数据显示:巴西大豆到港温度一般为 25 ~ 30℃,有时温度可高达 32℃;美国大豆到港温度分为两种情况,一是经过低温运输,一般为 5 ~ 10℃,二是常温运输,一般为 20 ~ 25℃。可以看出,巴西大豆到港温度普遍高于美国大豆。从大豆物理性质可判断,巴西大豆相较美国大豆不利于储存。

2.2 巴西大豆加速模拟储存试验结果

2.2.1 水分

水分是影响大豆储存品质及安全储存期限的直接因素^[2]。水分不仅影响大豆物理性质,也在一定程度上影响大豆的某些化学过程。表 2 为加速模拟储存试验中巴西大豆水分的变化。

表 2 加速模拟储存试验中巴西大豆水分的变化

Table 2 Changes in moisture of Brazilian soybeans in accelerated simulated storage tests

温度/℃	初始热损伤粒率/%	不同储存周期的水分/%										Δ /%
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
36	≤ 1	13.00	12.86	12.76	12.74	12.72	12.67	12.63	12.51	12.31	12.22	6.00
	1 ~ 3	13.78	13.55	13.44	13.35	13.29	13.24	13.18	13.06	12.93	12.89	6.46
	3 ~ 5	13.29	13.19	13.10	13.02	13.01	12.92	12.81	12.78	12.63	12.55	5.57
	> 5	13.15	13.10	13.01	12.98	12.88	12.71	12.61	12.53	12.50	12.45	5.32
40	≤ 1	13.00	12.84	12.76	12.74	12.62	12.44	12.30	12.26	12.03	11.91	8.38
	1 ~ 3	13.78	13.51	13.47	13.36	13.32	13.24	13.11	13.04	12.90	12.81	7.04
	3 ~ 5	13.29	13.18	13.01	12.97	12.90	12.87	12.83	12.77	12.53	12.41	6.62
	> 5	13.15	13.06	12.95	12.88	12.73	12.45	12.40	12.41	12.31	12.23	7.00

注: $\Delta = (\text{初始水分} - \text{储存 9 个周期后水分}) / \text{初始水分} \times 100\%$

Note: $\Delta = (\text{initial moisture} - \text{moisture after 9 cycles of storage}) / \text{initial moisture} \times 100\%$

由表 2 可知,当储存温度分别为 36℃ 和 40℃ 时,储存期末热损伤粒率 $\leq 1\%$ 、1% ~ 3%、3% ~ 5%、> 5% 的巴西大豆水分损失率分别为 6.00%、6.46%、5.57%、5.32% 和 8.38%、7.04%、6.62%、

7.00%。可以看出,在两种温度下,初始热损伤粒率小于 3% 对应的水分损失率均略高于初始热损伤粒率大于 3% 的。分析原因,可能是热损程度高的大豆与正常大豆在结构、物理性质上存在差异,这种差

异影响大豆内部的传热和传质过程,从而导致水分在大豆内部扩散过程不一致,具体来说,热损高的大豆,其内部水分汽化稍微缓慢一些。

2.2.2 热损伤粒率

表 3 为加速模拟储存试验中巴西大豆热损伤粒率的变化。

表 3 加速模拟储存试验中巴西大豆热损伤粒率的变化

Table 3 Changes in percent of heat - damaged kernel of Brazilian soybeans in accelerated simulated storage tests

温度/℃	初始热损伤粒率/%	不同储存周期的热损伤粒率/%										Δ/ 百分点	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
36	≤1	0.27	0.49	1.06	1.08	1.11	1.83	2.13	2.51	3.47	4.52	4.25	↑
	1~3	2.86	4.56	6.55	6.66	9.51	12.12	15.74	17.39	20.37	24.97	22.11	↑
	3~5	4.86	5.82	9.19	10.95	11.15	19.32	24.32	30.06	31.75	32.68	27.82	↑
	>5	7.25	10.15	12.77	14.27	17.14	19.08	29.15	37.45	41.85	47.60	40.35	↑
40	≤1	0.27	0.56	1.56	1.77	2.43	4.84	5.96	7.85	8.02	8.12	7.85	↑
	1~3	2.86	4.69	8.51	9.02	10.58	17.42	24.25	29.42	32.87	36.97	34.11	↑
	3~5	4.86	5.55	10.25	11.16	12.65	19.78	27.95	38.45	41.78	44.86	40.00	↑
	>5	7.25	10.56	13.42	14.56	17.75	19.85	34.18	47.28	53.78	60.12	52.87	↑

注:Δ = 储存 9 个周期后热损伤粒率 - 初始热损伤粒率

Note:Δ = percent of heat - damaged kernel after 9 cycles of storage - initial percent of heat - damaged kernel

由表 3 可知,储存温度为 36℃ 时,储存 9 个周期后,不同初始热损伤粒率的巴西大豆热损伤粒率升至 4.52% ~ 47.60%,而储存温度为 40℃ 时,热损伤粒率升至 8.12% ~ 60.12%。可以看出,初始热损伤粒率和储存温度越高,在储存过程中大豆热损伤粒率增长越快。研究表明,高温和高水分是导致大豆热损伤的主要原因,温度超过 25℃ 时,储存一段时间后,大豆粒就会发软,并逐渐发生热损伤^[4]。刘宏超^[5]研究发现,高温状态下,随着储存时间的延长,大豆热损伤粒率呈明显增加趋势,这与本文研究结果一致。由表 3 还可以看出,储存 5 个周期后,大豆热损伤粒率总体增加较快,说明储存期间大豆热损的发展并不是一个平稳缓慢的变化过程。

实际生产发现,与品质未受损大豆相比,以品质受损大豆为原料加工的油脂,因其原油中的游离脂肪酸含量高及磷脂改变和降解,油脂色泽较深,风味稳定性和氧化稳定性较差,导致精炼加工风味损失

大,碱炼 - 脱色辅料消耗多。另外,以品质受损大豆为原料生产的大豆粕感官品质明显变差、脲酶活性降低、氢氧化钾蛋白质溶解度显著降低^[6]。因此,对于油厂来说,最好的方式是尽量缩短进口大豆油料储存期,尤其是巴西大豆。

2.2.3 粗脂肪酸值

大豆在储存期间由于受到微生物、酶、氧等作用会发生氧化酸败和水解酸败,造成粗脂肪酸值增加。大豆粗脂肪酸值与大豆储存品质相关性较强,因而中国、日本、美国等国家均将其作为储粮劣变指标。我国 GB/T 31785—2015《大豆储存品质判定规则》中高油大豆规定:粗脂肪酸值(KOH) ≤ 3.5 mg/g,判定为宜存大豆;粗脂肪酸值(KOH) ≤ 5 mg/g,判定为轻度不宜存大豆;粗脂肪酸值(KOH) > 5 mg/g,判定为重度不宜存大豆。表 4 为加速模拟储存试验中巴西大豆粗脂肪酸值的变化。

表 4 加速模拟储存试验中巴西大豆粗脂肪酸值的变化

Table 4 Changes in crude fat acidity of Brazilian soybeans in accelerated simulated storage tests

温度/℃	初始热损伤粒率/%	不同储存周期的粗脂肪酸值(KOH)/(mg/g)										Δ(KOH)/ (mg/g)	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
36	≤1	1.24	2.23	2.32	2.41	2.66	2.80	3.09	3.36	3.67	3.88	2.64	↑
	1~3	2.31	2.93	3.70	3.94	4.28	4.43	4.61	5.18	5.53	5.91	3.60	↑
	3~5	2.97	3.44	3.67	4.14	4.38	4.56	4.75	4.85	5.07	5.48	2.51	↑
	>5	3.14	4.09	4.15	4.55	4.80	4.92	5.32	5.51	6.10	6.35	3.21	↑
40	≤1	1.24	2.31	2.46	2.87	2.97	3.05	3.37	3.99	4.48	5.27	4.03	↑
	1~3	2.31	3.23	3.92	4.15	4.42	4.71	4.85	5.27	6.23	6.94	4.63	↑
	3~5	2.97	3.62	3.87	4.34	4.53	4.73	5.02	5.60	5.85	5.95	2.98	↑
	>5	3.14	4.14	4.52	4.76	4.93	5.14	5.42	5.63	6.65	7.12	3.98	↑

注:Δ = 储存 9 个周期后粗脂肪酸值 - 初始粗脂肪酸值

Note:Δ = crude fat acidity after 9 cycles of storage - initial crude fat acidity

由表4可知,随储存时间的延长和温度的升高,巴西大豆粗脂肪酸值增加。高温促进了脂肪酶催化氧化分解,导致油料粗脂肪酸值升高,且热损越严重的巴西大豆,在自身水分较高和储存高温的协同作用下,粗脂肪酸值更高,甚至产生哈喇味。

在加速模拟储存试验中,储存温度为36℃时,初始热损伤粒率不超过1%的巴西大豆储存7个周期,即储存105 d内,其粗脂肪酸值(KOH)为3.36 mg/g,接近GB/T 31785—2015规定的宜存高油大豆限值3.5 mg/g,因此需要尽快出仓处理;而初始热损伤粒率超过1%的巴西大豆,随初始热损伤粒率的增大,宜存时间缩短。储存温度为40℃时,不同初始热损伤粒率的巴西大豆宜存时间较储存温度36℃时缩短。

GB 2716—2018《食品安全国家标准 植物油》规定,植物原油酸值(KOH)应不超过4 mg/g。由表4可看出:储存温度为36℃时,初始热损伤粒率不超过1%的巴西大豆储存9个周期,即储存135 d,其粗脂肪酸值(KOH)为3.88 mg/g,接近国家食品安

全标准最高限值;初始热损伤粒率超过1%的巴西大豆在储存45 d时,其粗脂肪酸值(KOH)最低的为初始热损伤粒率为3%以内的大豆,为3.94 mg/g,另两个初始热损伤粒率的大豆储存1~3个周期内其粗脂肪酸值已经超出了食品安全国家标准的最高限值。储存温度为40℃时,不同初始热损伤粒率的巴西大豆原油酸值超出食品安全国家标准的最高限值时间较储存温度36℃时缩短。

综上,当巴西大豆初始热损伤粒率在1%~5%时,储存时间不宜超过30 d,为了实现价值最大化,工厂应尽快优先安排使用。

2.2.4 蛋白质溶解比率

蛋白质溶解比率是指大豆水溶性蛋白质含量占大豆粗蛋白质含量的比例。在大豆籽粒中,蛋白质溶解比率会随着大豆新鲜度的降低而降低^[7]。由于变性使蛋白质成为不溶解物质,因此测定蛋白质溶解比率可以衡量蛋白质的变性程度。表5为加速模拟储存试验中巴西大豆蛋白质溶解比率的变化。

表5 加速模拟储存试验中巴西大豆蛋白质溶解比率的变化

Table 5 Changes in protein soluble ratio of Brazilian soybeans in accelerated simulated storage tests

温度/℃	初始热损伤粒率/%	不同储存周期的蛋白质溶解比率/%										Δ/百分点
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
36	≤1	81.9	78.6	73.1	72.2	70.3	68.1	65.7	56.6	58.0	57.8	-24.1
	1~3	78.8	72.0	64.0	62.4	58.4	55.4	46.0	42.2	41.0	40.0	-38.8
	3~5	63.9	63.2	55.7	49.4	44.8	44.3	38.7	32.5	31.8	30.7	-33.2
	>5	62.5	60.0	44.4	42.6	40.4	32.9	27.7	24.9	22.4	20.1	-42.4
40	≤1	81.9	77.3	71.6	68.5	62.3	57.6	52.7	47.1	46.3	45.3	-36.6
	1~3	78.8	70.6	56.5	50.7	47.1	36.7	36.2	35.3	33.9	30.7	-48.1
	3~5	63.9	61.5	55.2	41.9	39.8	37.3	33.8	30.4	28.3	27.1	-36.8
	>5	62.5	58.2	42.0	40.0	38.3	27.8	22.9	19.4	17.3	14.6	-47.9

注:Δ = 储存9个周期后蛋白质溶解比率 - 初始蛋白质溶解比率

Note:Δ = protein soluble ratio after 9 cycles of storage - initial protein soluble ratio

由表5可见,随初始热损伤粒率的增加,大豆蛋白质溶解比率降低,与刘超群等^[8]的研究结果一致。在储存过程中,蛋白质的变化主要是水解或变性,发热霉变的大豆,其蛋白质在蛋白酶的作用下逐渐水解,随着温度的进一步上升,受热时间越长,蛋白质会部分变性甚至完全变性,水溶性蛋白的含量越少。在36℃或40℃储存温度下,随储存时间的延长,大豆蛋白质溶解比率呈下降的趋势,且40℃比36℃品质劣变程度更大,这可能与温度越高,其水溶性蛋白含量下降趋势愈加急剧有关。

在GB/T 19541—2017《饲料原料 豆粕》中,对饲用豆粕的氢氧化钾蛋白质溶解度限定为应大于或等于73%。因此,为了保持大豆粕蛋白质低变性或

几乎不变性,除需要控制榨油厂湿粕脱溶的物料温度等加工工艺参数外,也需要从源头上把控大豆原料自身质量情况,以便获得蛋白质溶解指数较高的大豆粕,从而有利于饲料厂生产精细蛋白饲料,制作适合各种类型和年龄的家畜和家禽的喂养饲料。

2.3 美国大豆加速模拟储存试验结果

2.3.1 热损伤粒率

表6为加速模拟储存试验中美国大豆热损伤粒率的变化。

由表6可知:在40℃和45℃下储存前3个周期的美国大豆热损伤粒率呈现缓慢上升,两者未发生明显差异;从第4周期开始,大豆热损伤粒率呈现较为明显的增长趋势,且储存温度为45℃的大豆热损

伤粒率增长幅度明显大于 40℃ 的。在 40℃ 下储存 11 个周期(77 d)后,美国大豆的热损伤粒率升至 0.92%,远低于巴西大豆的,这也从侧面佐证了美国

大豆在储存期间的品质较为稳定。这可能与大豆播种种籽的质量、植物在田间的生长条件、收获条件、干燥条件等因素有关^[9]。

表 6 加速模拟储存试验中美国大豆热损伤粒率的变化

Table 6 Changes in percent of heat - damaged kernel of American soybeans in accelerated simulated storage tests

温度/℃	不同储存周期的热损伤粒率/%											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
40	0.27	0.27	0.29	0.32	0.38	0.43	0.46	0.54	0.62	0.63	0.85	0.92
45	0.27	0.29	0.32	0.35	0.48	0.52	0.54	0.69	0.74	0.89	1.15	1.32

2.3.2 水分、粗脂肪酸值、蛋白质溶解比率

表 7 为加速模拟储存试验过程中美国大豆的水分、粗脂肪酸值、蛋白质溶解比率变化。

表 7 加速模拟储存试验过程中美国大豆的品质变化

Table 7 Changes in quality of American soybeans during accelerated simulated storage tests

质量指标	初始值	11 个周期后	
		40℃	45℃
水分/%	10.85	10.46	10.18
粗脂肪酸值 (KOH)/(mg/g)	0.80	2.25	3.05
蛋白质溶解比率/%	84.5	75.5	68.0

由表 7 可知,在 40、45℃ 加速模拟储存试验过程中,储存 77 d 后美国大豆的水分、粗脂肪酸值、蛋白质溶解比率均出现明显变化。在 40℃ 储存 77 d 的美国大豆粗脂肪酸值(KOH)、蛋白质溶解比率分别为 2.25 mg/g、75.5%,蛋白质溶解比率较初始值降低了 9.0 百分点,根据 GB/T 31785—2015 规定,判定此时大豆为宜存大豆。而在 40℃ 下初始热损伤粒率为 0.27% 的巴西大豆,在储存 75 d 后,其粗脂肪酸值(KOH)为 3.05 mg/g,蛋白质溶解比率为 57.6%,蛋白质溶解比率较初始值降低 24.3 百分点(见表 3~表 5)。显然,在同样储存温度下,巴西大豆的生物化学活性更强,稳定性降低程度更大。

3 结 论

(1) 热损伤粒率 0.27%、水分 13.00%、粗脂肪酸值(KOH)1.24 mg/g 的巴西大豆,在 36℃ 下的宜存期仅在 105 d 左右;在 40℃ 下的宜存期缩短为 90 d 左右。热损伤粒率 2.86%、水分 13.78%、粗脂肪酸值(KOH)2.31 mg/g 的巴西大豆,在 36℃ 和 40℃ 下的宜存期均没有超过 30 d。而实际到港的巴西大豆平均热损伤粒率 2.58%,粗脂肪酸值(KOH)均值为 2.53 mg/g。因此,无论是从试验结果还是实际情况考虑,巴西大豆品质劣变较快,不适宜长时间储存。

(2) 水分 10.85%、粗脂肪酸值(KOH)0.80 mg/g、热损伤粒率 0.27% 的美国高油大豆,在 40℃ 下储存

77 d 后,其粗脂肪酸值(KOH)也仅为 2.25 mg/g,仍符合高油大豆的宜存要求,可见美国大豆抗高温损伤的能力较强。

(3) 大豆成品油质量与大豆原料质量密切相关,而原料质量又受到储存温度及自身物理特性影响。因此,一方面要严格把控原料进口质量;另一方面要针对目前油脂企业油料仓储设施为房式仓和立筒仓,主要用于短时间储存油料,一般不具备机械通风等控温功能,当储存的大豆出现发热时,一般是将大豆由一个料仓转移到另一个料仓,不能从本质上解决降温问题的情况,建议企业根据原料质量情况制定合理的轮出生产计划,严格过程和环节控制,将异常粮情的产生扼杀在萌芽阶段,科学安排生产计划,产销协同,确保粮情可控。

参考文献:

- [1] 金俊,姜秋水,刘新. 进口大豆热损贬值的因素分析与评估[J]. 中国油脂,2019, 44(9): 133-137.
- [2] 张敏,周凤英. 粮食储藏学[M]. 北京:科学出版社,2010.
- [3] DOS SANTOS KRETZSCHMAR F, AIDAR M P M, SALGADO I, et al. Elevated CO₂ atmosphere enhances production of defense - related flavonoids in soybean elicited by NO and a fungal elicitor [J]. Environ Exp Bot, 2009, 65 (2/3): 319-329.
- [4] 左青,吕瑞,徐宏闯. 不同来源大豆对浸出制油过程和产品质量的影响[J]. 中国油脂,2021, 46(4): 142-144.
- [5] 刘宏超. 进口大豆储运期间的品质变化及其影响因素的研究[D]. 北京:中国农业科学院,2020.
- [6] 刘玉兰,汪学德. 对品质受损大豆加工产品质量的研究及评价[J]. 中国粮油学报,2007, 22(6): 50-54.
- [7] 郝怡宁,初晨露,陈尚兵. 大豆水溶性蛋白提取工艺优化[J]. 中国油脂,2019, 44(5): 73-75.
- [8] 刘超群,孙日飞,马莉,等. 大豆热损情况对大豆蛋白溶解比率的影响[J]. 现代食品,2018(18): 88-91.
- [9] 刘春双. 大豆在储藏期间的品质变化[J]. 中国油脂, 2009, 34(12): 65-67.