

不同来源大豆原油对精炼的影响

左青¹, 吕瑞², 徐宏闯², 鲁海龙³, 杨帆³, 左晖⁴

(1. 江苏丰尚油脂技术工程有限公司, 江苏扬州 225127; 2. 中储粮东莞油脂工业有限公司, 广东东莞 523147;
3. 中粮工科(西安)国际工程有限公司, 西安 710082; 4. 广州星坤机械有限公司, 广州 510890)

摘要:不同来源的大豆原油品质不同, 精炼厂接收不同来源的新鲜大豆制取的大豆原油和国储大豆制取的原油及国储大豆原油, 在精炼车间调整操作参数, 按照进油的品质配不同的辅料量, 对于质量差的大豆原油, 适度降低精炼生产量、增加辅料和增加变动生产成本, 精炼成品油按预判返色返酸范围决定是否用于包装用油或散装油, 在低温天气中考虑到大豆油发朦, 并针对性处理和预防。

关键词:大豆原油; 返色返酸; 发朦; 变动生产成本

中图分类号: TS225.1; TS224.6 文献标识码: B 文章编号: 1003-7969(2021)05-0147-06

Effects of different sources of crude soybean oil on refining

ZUO Qing¹, LÜ Rui², XU Hongchuang², LU Hailong³, YANG Fan³, ZUO Hui⁴

(1. Jiangsu FAMSUN Oils & Fats Engineering Co., Ltd., Yangzhou 225127, Jiangsu, China;

2. Sino-grain Dongguan Oils and Fats Industrial Co., Ltd., Dongguan 523147, Guangdong, China;

3. COFCO ET(Xi'an) International Engineering Co., Ltd., Xi'an 710082, China;

4. Guangzhou Xinmas Co., Ltd., Guangzhou 510890, China)

Abstract: The quality of crude soybean oil from different sources was different. The refining plant received crude soybean oil from different sources fresh soybeans, state reserve soybeans and state reserve crude soybean oil. The operation parameters and the auxiliary materials dosage should be adjusted according to the crude oil quality. For the crude oil with low quality, the production capacity should be moderately reduced and the auxiliary materials and variable production cost should be increased. The refined oil could be used as packing or bulking oil according to the oil predictive scope of the color reversion and acid reversion. In the low temperature climate, the haze in some soybean oil should be treated and prevented.

Key words: crude soybean oil; color reversion and acid reversion; haze; variable production cost

在建厂策划植物油精炼的工艺和设备时要考虑精炼不同品质原油。大豆原油品质是由大豆原料品质和原油储存条件决定的^[1]。油厂精炼用大豆原油主要为由阿根廷大豆、美西大豆、美湾大豆、巴西大豆制取的原油, 国储1~2年的大豆原油以及由国储大豆制取的原油。由于大豆来自不同的种植地、不同批次, 大豆原油的品质存在差异, 这样对精炼过程操作和辅料消耗有不同的需求, 精炼厂根据每批次原油的品质, 进行定制化生产。不同来源的大豆原油在精炼后抗氧化性存在差异, 返色返酸程度不

同, 抗冻性不同, 影响了小包装油的货架期(保质期12~18个月)^[1-3]。我们从生产数据库对不同来源大豆制成的原油的精炼进行分析, 为同行选取合适原料用于加工生产提供参考。

1 不同来源大豆生产的大豆原油在精炼过程中辅料消耗

1.1 不同批次大豆制备的大豆原油在精炼过程中辅料消耗情况

收集整理出有代表性的13批次数据, 包括3批次阿根廷大豆、3批次美湾大豆、3批次美西大豆、4批次巴西大豆, 其中阿根廷大豆为国储大豆, 其余批次大豆均为新鲜大豆。因种植场地和环境气候不同, 大豆的成熟收割期不同及收储和海运的时间不同, 加工阿根廷大豆主要在每年的2—3月份, 加工

收稿日期: 2020-07-01; 修回日期: 2020-11-18

作者简介: 左青(1958), 男, 高级工程师, 主要从事油脂企业的生产技术管理工作(E-mail) zuoqing_bj@163.com。

美西、美湾大豆主要在每年的2—6月份,加工巴西及精炼大豆油辅料消耗见表1。
大豆主要在每年的6—8月份。13批次大豆的品质

表1 13批次大豆品质及所制取的大豆原油在精炼过程中辅料的消耗

项目	阿根廷大豆	阿根廷大豆	阿根廷大豆	美湾大豆	美湾大豆	美湾大豆	美西大豆	美西大豆	美西大豆	巴西大豆	巴西大豆	巴西大豆	巴西大豆
大豆品质													
杂质/%	1.16	1.48	2.80	2.08	2.62	1.08	0.93	3.43	2.10	0.46	0.67	2.10	1.54
完整粒率/%	88.95	86.88	79.80	84.82	80.32	83.82	89.74	86.10	82.55	88.21	84.80	86.23	82.03
破碎粒率/%	7.25	9.44	11.40	5.45	11.20	9.47	8.14	8.51	14.49	5.67	4.52	6.61	10.40
热损伤粒率/%	0.45	1.08	0.50	0.74	1.92	2.38	0.52	0.26	0.42	2.46	3.18	1.31	3.75
损伤粒率/%	1.59	1.87	5.50	1.77	4.46	3.93	0.88	1.11	0.64	4.82	9.75	3.81	4.66
未熟粒率/%	0.43	0.32	-	5.89	1.40	1.70	0.31	0.85	0.22	0.84	0.31	1.25	1.36
霉变率/%	0.17	0.45	-	0.08	-	-	-	-	0.07	-	-	-	-
水分/%	11.00	10.94	11.00	10.65	11.60	12.45	11.13	11.80	12.58	12.48	11.69	12.39	11.76
粗脂肪酸													
值(KOH)/(mg/g)	1.26	1.59	1.80	1.61	1.63	1.31	0.87	1.05	1.18	2.08	2.92	1.76	2.39
原油酸													
值(KOH)/(mg/g)	1.20	1.40	2.00	1.50	1.40	1.10	0.60	0.90	1.16	1.54	3.04	2.92	2.50
消耗													
磷酸/(kg/t)	0.39	0.78	0.56	0.55	0.59	0.51	0.39	0.49	0.63	0.48	0.5	0.44	0.51
液碱/(kg/t)	4.17	5.16	6.45	5.61	5.35	4.17	1.78	2.98	4.51	7.55	10.43	7.57	8.68
柠檬酸/(kg/t)	0.34	0.31	0.26	0.18	0.21	0.47	0.40	0.45	0.38	0.41	0.56	0.47	0.57
水/(kg/t)	86.29	119.34	143.28	88.91	84.38	121.15	26.64	38.50	88.89	85.05	-	-	-
电/(kW·h/t)	8.37	9.27	8.14	8.32	11.84	13.07	10.45	11.15	8.30	12.23	14.38	12.96	13.64
蒸汽	29.37	30.55	29.74	27.74	29.96	36.95	26.64	34.32	31.00	33.93	43.40	32.19	47.84
天然气/(m ³ /t)	2.19	2.53	2.33	2.35	2.36	2.24	2.14	2.13	2.29	2.54	2.18	2.12	2.41
白土/(kg/t)	3	7	9	8	6	8	3	5	5	6	19	12	22
白土配比	1:1	1:1	1:1	1:1	2:1	1:2	1:2	2:1	1:1	1:1	2:1	2:1	1:1

注:“-”表示该指标未检测;脱色过程中使用的白土脱色率约为97.5%,凹凸棒土脱色率约为78.5%;白土配比为白土与凹凸棒土的质量比。

从表1可知:这13批次大豆原料品质差异较大,杂质含量为0.46%~3.43%;完整粒率在79.80%~89.74%,破碎粒率在4.52%~14.49%,损伤粒率在0.64%~9.75%,热损伤粒率在0.26%~3.75%,未熟粒率在0.22%~5.89%,霉变率在0.07%~0.45%;水分含量在10.65%~12.58%,粗脂肪酸值(KOH)在0.87~2.92 mg/g。损伤粒是指受到严重摩擦损伤、冻伤、细菌损伤、霉菌损伤、生芽、热损伤或其他原因损伤的大豆颗粒,包含虫蚀粒、病斑粒、生芽及涨大粒、冻伤粒、热损伤粒、霉变粒等。从表1可知,美西大豆品质最好,阿根廷大

豆、美湾大豆次之,巴西大豆品质最差,这种差异产生的主要原因是大豆产地不同,生产纬度及环境之间的差异造成的,美湾大豆品质差于美西大豆是因为美湾大豆生长在墨西哥湾附近,航运时间较长,大豆品质变差。美湾大豆未熟粒率平均达3%,青豆含量偏高。巴西大豆因环境湿热、航运时间长,热损伤粒率高。阿根廷大豆、美湾大豆、美西大豆、巴西大豆生产的原油酸值(KOH)平均在1.53、1.33、0.89、2.50 mg/g,其中巴西大豆原油酸值最高,美西大豆原油的酸值最低。酸值高主要增加碱量,导致皂脚多而炼耗增加。

损伤大豆籽粒子叶变红,色素在脂肪中逐渐沉积,产生赤变现象,未熟粒大豆颜色呈绿色,损伤粒率和热损伤粒率高的大豆其组织结构的变化,均给大豆预处理、浸出带来操作上的困难,浸出原油非水化磷脂含量高、油色发青发绿、酸值上升,在精炼过程中要调整操作参数,增加辅料消耗。

1.2 大豆油精炼过程中各辅料消耗量的相关性分析

采用统计分析软件 IBM SPSS Statistics 21 对大豆品质及其所制取的大豆原油在精炼过程中辅料消耗进行相关性分析,结果见表2。从表2可知,损伤粒率及热损伤粒率与粗脂肪酸值、液碱消耗,白土消耗、电耗、蒸汽消耗均呈显著性相关,大豆原料含损伤粒和热损伤粒越多,大豆品质越差,制取的大豆原油品质也越差,在精炼过程中要增加辅料消耗才能保证成品油的质量。大豆的破碎粒率与完整粒率相关系数为-0.589,呈显著性负相关,表明大豆原料内完整粒率越高,破碎粒越少。损伤粒率包含热损伤粒率,损伤粒率与热损伤粒率呈极显著性正相关,相关系数为0.724。大豆在发生损伤后所含的油容易产生氧化、水解酸败。大豆的损伤粒率和热损伤粒率占比越高,大豆原料品质越差,粗脂肪酸值也随之增大。在精炼过程中液碱消耗量与大豆原料的损伤粒率、热损伤粒率、粗脂肪酸值及原油酸值呈极显著性正相关,其相关系数分别为0.789、0.667、0.796、0.928。大豆的损伤粒率和热损伤粒率与大豆原油在脱色过程中白土消耗量的相关系数分别为0.581、0.617,具有显著性正相关,说明大豆的品质直接影响大豆原油在精炼过程中白土添加量,大豆损伤粒率、热损伤粒率越低,大豆原油中的色泽越易脱除,白土消耗量越少。白土消耗量与大豆原油酸值呈极显著正相关,相关系数为0.868。柠檬酸的消耗量与白土消耗量也呈显著性正相关,因为柠檬酸的添加量是由残皂量决定的,如果残皂量过高,也会导致白土添加量加大。蒸汽消耗与白土消耗量呈极显著性正相关,相关系数为0.866,因为随着白土添加量的增加,过滤器废白土全排空和蒸汽吹饼频率变大,增加直接蒸汽的用量。

1.3 不同来源大豆原油的辅料消耗和可变成本分析

1.3.1 美国大豆原油

美国大豆原油分为新鲜美西大豆原油、美湾大豆原油和国储大豆原油,其精炼的辅料消耗和可变生产成本见表3。

表3 美国大豆原油在精炼过程的辅料消耗及变动生产成本

项目	美西大豆油		美湾大豆油		国储大豆油	
	单耗	成本/(元/t)	单耗	成本/(元/t)	单耗	成本/(元/t)
白土	6.41	12.79	10.08	20.11	9.56	19.07
磷酸	0.56	3.12	0.58	3.24	0.49	2.73
液碱	4.00	4.56	5.68	6.47	7.38	8.41
柠檬酸	0.24	1.15	0.37	1.78	0.47	2.26
蒸汽	32.50	6.53	32.37	6.51	39.06	7.85
电	10.41	6.45	10.90	6.76	12.20	7.56
天然气	2.30	8.63	2.34	8.78	2.47	9.26
水	86.80	0.51	103.29	0.60	103.67	0.61
直接人工		3.10		3.10		3.10
变动成本		46.84		57.34		60.85

注:白土单价为1.995元/kg,单耗单位为kg/t;磷酸单价为5.579元/kg,单耗单位为kg/t;液碱单价为1.139元/kg,单耗单位为kg/t;柠檬酸单价为4.805元/kg,单耗单位为kg/t;蒸汽单价为0.201元/kg,单耗单位为kg/t;电价为0.62元/(kW·h),单耗单位为kW·h/t;天然气单价为3.75元/m³,单耗单位为m³/t;水价为5.84元/t,单耗单位为kg/t。下同

从表3可以看出,美湾大豆原油的白土消耗最高,分析数据发现是由于2019年10月精炼一批变质的美湾大豆原油所致,国储大豆原油的白土消耗在9.56kg/t,新鲜美西大豆原油白土消耗最少。白土消耗的增高使白土成本上涨6.28元/t、蒸汽成本上涨1.32元/t(国储大豆原油与美西大豆原油相比)。白土消耗增加导致吹饼蒸汽增加,即白土和蒸汽消耗增加是国储大豆原油和劣质大豆原油成本上涨的主要原因。国储大豆原油酸值比新鲜美西大豆原油和美湾大豆原油高,液碱成本与美西大豆原油相比增加3.85元/t。

新鲜美西大豆原油的精炼变动成本最低,为46.84元/t,新鲜美湾大豆原油的变动成本为57.34元/t,国储大豆原油的变动成本为60.85元/t。

1.3.2 巴西大豆原油

巴西大豆原油分新鲜大豆原油和国储大豆原油两种,精炼生产辅料消耗和变动生产成本见表4。

从表4可知,国储巴西大豆原油的变动成本比新鲜巴西大豆原油的高,主要是白土消耗增加,白土消耗的变动成本上涨了9.09元/t。新鲜巴西大豆的品质决定大豆原油品质,原油品质对精炼成本影响非常大,如2018年8月精炼的一批热损伤粒率高、霉变率高、损伤粒率高新鲜巴西大豆,仅白土消耗成本增加至40元/t,比国储巴西大豆原油的成本高13.87元/t。

表 2 大豆品质与其所制取的大豆原油精炼过程中辅料消耗的相关系数

项目	杂质	完整粒率	破碎粒率	损伤粒率	热损伤粒率	未熟粒率	霉变率	水分	粗脂肪 酸值	原油酸值	磷酸	液碱	柠檬酸	白土	水	电	蒸汽	天然气
杂质	1	-0.531	0.440	-0.280	-0.464	0.255	-0.552	-0.090	-0.254	-0.171	0.241	-0.306	-0.413	-0.237	0.196	-0.501	-0.298	-0.133
完整粒率		1	-0.589*	-0.352	-0.238	-0.241	0.490	-0.116	-0.311	-0.207	-0.418	-0.241	0.215	-0.229	-0.280	0.056	-0.185	-0.222
破碎粒率			1	-0.327	-0.217	-0.239	-0.058	0.171	-0.358	-0.275	0.463	-0.303	-0.167	-0.133	0.348	-0.364	-0.084	0.145
损伤粒率				1	0.724**	-0.101	0.561	0.157	0.854**	0.690**	-0.062	0.789**	0.344	0.581*	-0.208	0.582*	0.569*	0.079
热损伤粒率					1	-0.028	0.814	0.365	0.771**	0.500	-0.031	0.667**	0.529	0.617*	-0.326	0.776**	0.772**	0.312
未熟粒率						1	-0.416	-0.294	0.079	-0.070	0.035	-0.030	-0.521	-0.068	0.238	-0.125	-0.230	0.177
霉变率							1	-0.365	0.469	0.263	0.613	0.149	0.117	0.188	0.945	0.297	0.371	0.754
水分								1	0.133	0.077	-0.112	0.133	0.483	0.021	-0.143	0.367	0.296	-0.038
粗脂肪酸值									1	0.642*	0.072	0.796**	0.265	0.526	-0.204	0.468	0.542*	0.349
原油酸值										1	-0.040	0.928**	0.481	0.868**	-0.551*	0.642*	0.641*	-0.102
磷酸											1	0.056	-0.350	0	0.467	-0.303	-0.064	0.617*
液碱												1	0.433	0.835**	-0.419	0.655*	0.699**	0.177
柠檬酸													1	0.636*	-0.708**	0.835**	0.815**	-0.365
白土														1	-0.620*	0.792**	0.866**	-0.071
水															1	-0.609**	-0.564*	0.503
电																1	0.773**	-0.182
蒸汽																	1	-0.021
天然气																		1

注: *表示具有显著性相关($P < 0.05$); **表示具有极显著性相关($P < 0.05$)。

表4 精炼巴西大豆原油的辅料消耗和变动生产成本

项目	新鲜大豆油		国储大豆油	
	单耗	成本/(元/t)	单耗	成本/(元/t)
白土	8.54	17.04	13.10	26.13
磷酸	0.45	2.51	0.51	2.85
液碱	6.89	7.85	7.23	8.23
柠檬酸	0.38	1.83	0.33	1.59
蒸汽	31.91	6.41	35.43	7.12
电	11.97	7.42	10.96	6.80
天然气	2.38	8.93	2.34	8.78
水	70.57	0.41	105.34	0.62
直接人工		3.10		3.10
变动成本		55.50		65.21

1.3.3 阿根廷大豆原油

阿根廷大豆原油分新鲜大豆原油和国储大豆原油(由国储阿根廷大豆制得的原油),精炼过程中的辅料消耗和变动生产成本见表5。

表5 精炼阿根廷大豆原油的辅料消耗和变动成本

项目	新鲜大豆		国储大豆	
	单耗	成本/(元/t)	单耗	成本/(元/t)
白土	5.14	10.25	15.15	30.22
磷酸	0.45	2.51	0.49	2.73
液碱	4.54	5.17	7.26	8.27
柠檬酸	0.34	1.63	0.42	2.02
蒸汽	39.91	8.02	39.74	7.99
电	8.53	5.29	12.88	7.99
天然气	2.27	8.51	2.35	8.81
水	95.37	0.56	107.84	0.63
直接人工		3.10		3.10
变动成本		45.08		71.76

阿根廷国储大豆占有国储大豆的70%以上。从表5可看出,精炼国储阿根廷大豆原油白土消耗成本较高,达到30.22元/t,新鲜阿根廷大豆原油精炼只出现在2020年2月,白土消耗成本较低。

1.3.4 不同来源大豆原油精炼变动成本和精炼得率(见表6)

从表6可看出,不同来源大豆原油精炼变动成本和得率存在差异。从变动成本和精炼得率看,新鲜大豆优于国储大豆。如美国大豆油中新鲜美西大豆原油的变动成本比国储油的变动成本低14.01元/t;巴西大豆油中新鲜大豆原油的成本比国储油的成本低9.71元/t;阿根廷大豆油中新鲜大豆原油比国储油的变动成本低26.68元/t。

表6 不同来源大豆原油精炼变动成本及得率

项目	变动成本/(元/t)	得率/%
新鲜阿根廷大豆	45.08	97.66
新鲜美西大豆	46.84	98.20
新鲜巴西大豆	55.50	97.05
新鲜美湾大豆	57.34	98.13
国储美国大豆油	60.85	98.01
国储巴西大豆油	65.21	96.84
国储阿根廷豆	71.76	97.44

注:表中大豆是指用大豆制取的大豆原油进行精炼,而大豆油是指外购或外调原油进行精炼。

2 大豆成品油的氧化稳定性

2.1 防止大豆油返酸返色

生产数据表明,一般美国大豆油的氧化性稳定最好,阿根廷大豆油次之,巴西大豆油最差,国储大豆油和多年储存的大豆加工的精炼油返色返酸不同^[4-5]。某些大豆油返色返酸实验结果对车间精炼生产没有指导作用,对这批次的豆油采取混合品质好的大豆油进行精炼,掌握多数大豆油返色速率和返酸速率范围,在指导生产中控制出油色泽在Y7/R0.7、酸值(KOH)在0.05 mg/g以内,向成品油罐充氮,减缓油脂氧化速度,达到企业包装油内控标准(酸值(KOH)0.08 mg/g和色泽Y10/R1.3)。一般返酸(KOH)在0.023~0.057 mg/g,东莞中粮制订内控标准0.02 mg/g。

2.2 大豆成品油发朦现象及处理

在超市包装大豆油出现发朦和底部云雾状,影响外观,究其原因是这批次大豆油的抗冻性差。

2.2.1 大豆油抗冻性的一般规律

大豆油抗冻性的一般规律^[6]:饱和脂肪酸含量越高的油品抗冻性越差;大豆毛油>碱炼油>脱臭油>脱酸油>脱色油。

从大豆原油来源看,抗冻性为国产非转基因大豆油(45 h)≥美国大豆油(42 h)≥巴西大豆油(28 h)≥阿根廷大豆油。但是有时存在不一样的情况,油品在0℃和5℃的固体脂肪含量(SFC)差值越大,对应SFC值连线的斜线越陡,油品的抗冻性越差^[7]。

大豆油的碘值(I)在90~95 g/100 g时抗冻性最好,现在生产的一级大豆油碘值(I)都在135 g/100 g。国产脱胶油的碘值(I)在126~129 g/100 g,进口脱胶油碘值(I)在131~133 g/100 g。

在油罐底部,油脂的接触面积大,冷却速率大于上部,杂质沉淀在下部,饱和脂肪酸多的油脂的相对密度微大于不饱和脂肪酸多的油脂,所以下沉^[6]。

2.2.2 精炼前进油注意问题

(1) 对于储存过冬的原料油,将油罐底部的毛油加热到 20℃ 左右待高熔点油熔化后搅拌,从而使原料油质量均一,避免出现冷冻时间长短不一。

(2) 将冷冻时间不同的毛油进行混合,从而保证成品油冷冻时间合格。

(3) 将冷冻时间不同的成品油进行混合,从而使成品油冷冻时间合格。

2.2.3 精炼过程中注意问题

每小时从毛油罐取样化验酸值,对不同品种的油品,观察皂脚形成,调整配酸和配碱。

碱炼时尽可能不使用浓碱,碱炼后的油在系统内部维持在负压状态。

在脱色中降低使用活性白土的比例,采用活性白土与凹凸棒土比例 1:1。尽可能选择好的活性白土,降低添加量。经常性检查各级过滤器,如有损坏立即更换滤袋或滤网。

脱臭设备密封、真空稳定,尽可能控制脱臭温度在 250℃,脱臭成品油出口温度尽可能低(55℃ 以下),控制反式脂肪酸增量在 1% 以下。

在高温脱臭时,不饱和脂肪酸双键产生异构化反应,其中反式油酸、顺-顺亚油酸、顺-反-反亚麻酸、反-反-反亚麻酸的形影响一级大豆油的抗冻性。

大豆油碘值(I)在 135 g/100 g 左右,富含不饱和脂肪酸(50%~60% 亚油酸和 5%~10% 的亚麻酸),容易氧化变质。为了延长货架期,将大豆油部分氢化使其碘值(I)在 100~110 g/100 g(亚麻酸含量为 2%~3%),在 2~3℃ 冬化时不出现浑浊,若把亚麻酸含量降到 0.5%,氢化大豆油碘值(I)为 90 g/100 g,其抗氧化性较好。

2.2.4 大豆精炼油储运过程中采取的措施

在油罐底部保温,即罐底的温度维持在 2℃ 以上,在输送管道上用热水或蒸汽伴热。

由于大豆油在冬季出现微量的结晶,进行固液分提的成本太高,一般添加防冻液,即抑晶剂。羟基

硬脂精(Oxystearin)和抑晶剂(JNS-387)按 1:10 比例熔化(温度大于 100℃),添加量 0.05%,通过定量泵注入油管中,添加抑晶剂所增加的成本为 22 元/t。

3 结束语

不同来源大豆存在组成差异,且因环境、收储、运输等条件不同带来到港、到厂大豆质量差异,从而影响制取的原油品质差别,另外国储大豆和国储大豆原油也存在品质下降。在精炼过程中需要不同的辅料消耗,其中大豆原料的损伤粒率、热损伤粒率是影响大豆原油品质及精炼过程中各种辅料消耗和成品油质量稳定的主要因素,特别是这些大豆原油在精炼后出现返色返酸或抗冻性差,不能作为小包装用油,只能作为散装油降价出售。为了降低生产成本,提高一级精炼大豆油的质量稳定性,把品质好的大豆原油和品质差的大豆原油调配后再进行精炼,在严格控制酸值和色泽等指标下,进入包装线,在小包装油进入超市后每月抽检质量指标,做好下架或降价促销的准备工作。

致谢:感谢中国粮油学会油脂分会会长何东平教授、原中储粮油脂有限公司邓浩田研究员给与的支持!

参考文献:

- [1] 何东平. 油脂精炼与加工工艺学[M]. 北京:化学工业出版社,2005.
- [2] 穆同娜,孙婷,吴燕涛,等. 三种食用植物油中不饱和脂肪酸含量调查[J]. 粮油食品科技,2011,19(3):36-38.
- [3] 左青. 一级大豆油结晶原因分析[J]. 中国油脂,2011,36(3):23-24.
- [4] 张余权,金青哲,王兴国. 油脂回色机理及影响因素研究进展[J]. 中国油脂,2014,39(5):15-18.
- [5] 左青,章家新. 大豆色拉油返色原因初探及对策[J]. 中国油脂,2000,25(6):79-81.
- [6] 左青,于学生,董福生,等. 抗冻性一级大豆油生产实践[J]. 中国油脂,2014,39(1):94-97.
- [7] 周秀娟. 一级大豆油抗冻性能研究[D]. 江苏镇江:江苏大学,2008.
- [8] 刘润民. 野生铁核桃制油工艺及经济效益分析[J]. 中国油脂,2018,43(11):149-151.
- [9] 金子纯,张润光,韩军岐,等. 核桃饼粕蛋白质及其开发利用[J]. 食品与发酵工业,2016,42(6):265-270.
- [10] 张庆祝,丁晓雯,陈宗道,等. 核桃蛋白质研究进展[J]. 粮食与油脂,2003(5):21-23.
- [11] 杨威,董志文,何东平,等. 铁核桃蛋白和多肽功能特性的研究[J]. 粮食与油脂,2018(5):86-91.
- [12] 吴舒同. 铁核桃分离蛋白及多肽制备的研究[D]. 武汉:武汉轻工大学,2017.

(上接第 142 页)

- [3] 杨瑾,聂绪恒,文韵漫,等. 油用铁核桃的分级标准[J]. 现代食品,2017,2(8):78-80.
- [4] HAYES D, ANGOVE M J, TUCCI J, et al. Walnuts (*Juglans regia*) chemical composition and research in human health[J]. Crit Rev Food Sci Nutr, 2016, 56(8):1231-1241.
- [5] 王克建,郝艳宾,齐建勋. 核桃油研究进展[J]. 食品科学,2004,25(11):364-367.