

不同温度和浓度下 α -生育酚在玉米油中的抗氧化规律

叶玉兰, 刘文强, 朱雪梅*, 张建飞, 熊华

(南昌大学 食品科学与技术国家重点实验室, 江西 南昌, 330047)

摘 要 研究不同温度下 α -生育酚在玉米油中的抗氧化规律。添加不同量的 α -生育酚到纯化玉米油中, 通过 Schaal 烘箱氧化实验, 定期测定过氧化值和茴香胺值, 并计算总氧化值。运用动力学模型拟合过氧化值和茴香胺值、总氧化值与氧化时间的拟合方程, 符合线性规律, 并通过 Arrhenius 方程进行认证。实验选用温度为 40、75 $^{\circ}\text{C}$, α -生育酚添加量分别为 50、100、200、400 mg/kg。结果表明: 玉米油的速率常数的对数与温度倒数间存在非常好的线性关系 ($R^2 > 0.982$), 符合阿伦尼乌斯定律; 当温度为 75、60 和 40 $^{\circ}\text{C}$ 时, α -生育酚在玉米油中最适抗氧化浓度分别为 100、100 和 400 mg/kg。

关键词 α -生育酚; 油脂氧化; 抗氧化效能; 动力学

油脂在人们日常生活和化学工业上都占有十分重要的地位。作为食品工业的主要原料之一, 其品质及抗氧化稳定性直接影响到食品的质量^[1]。但是食用油极易发生氧化, 油脂氧化所生成的氧化产物不仅影响油脂食品的风味、色泽、营养价值, 还会对膜、酶、蛋白质造成破坏, 诱发癌症等多种疾病^[2]。由于许多食品原料中包含不饱和脂肪酸, 使得食品容易出现酸败现象, 因此人们开始着力研究可以延缓食品酸败的方法。通常是加入抗氧化剂。抗氧化剂的加入可以延长油品氧化反应的诱导期、减缓油品氧化速度和延长油品使用寿命^[3]。目前常用的方法是在油脂中添加抗氧化剂, 但是一般合成的抗氧化剂对人体有一定伤害作用, 用天然抗氧化剂代替人工合成抗氧化剂越来越得到更多人的认可^[4-6]。

玉米油中亚油酸和亚麻油酸含量占总脂肪酸含量的 50% 以上, 而外侧第一和第三位上酯化的几乎全部是饱和脂肪酸^[7]。源于玉米油的高营养价值, 探究其氧化特性, 估算保质期具有重要意义。自然界中的天然 α -生育酚广泛存在于含油种子、叶及其他高等植物的绿色部位中。通常食用的植物油中含有少量生育酚, 但是一般会在油脂加工精炼过程中损失掉^[8]。它最主要的抗氧化途径是向脂氧自由基或脂过氧自由基提供 $\cdot\text{H}$, 使链式氧化反应中断。同其他

抗氧化剂一样, 生育酚的抗氧化效能不仅受光、热、氧气浓度等外部因素影响, 还受油脂结构的影响, 不同脂肪酸组成的油脂氧化稳定性不同, 生育酚的抗氧化效能不同, 最佳抗氧化浓度也有差异, 因此欲以天然生育酚代替合成抗氧化剂, 必须从不同油脂中生育酚抗氧化效能出发研究生育酚的抗氧化规律^[2]。

本课题通过 Schaal 烘箱氧化实验, 研究不同浓度 α -生育酚对氧化过程中玉米油的过氧化值和茴香胺值的差异, 并计算总氧化值, 探讨通过氧化值、茴香胺值、总氧化值与氧化时间之间的关系, 初步了解油脂氧化及生育酚抗油脂氧化的规律。

1 材料与方法

1.1 实验原料、试剂

实验材料: 玉米油, 当地超级市场; α -生育酚标准品, Sigma 公司; 正己烷 (色谱纯)、异辛烷 (色谱纯), 美国天地试剂有限公司 (上海); 脂肪酸甲酯标准品, 美国 Nu-Chekprep 公司; 三氯甲烷、冰醋酸, 成都市科龙化工试剂厂; KI、乙醚、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 、无水乙醚、无水乙醇、异辛烷, 天津市大茂化学试剂厂; 可溶性淀粉, 天津市永大化学试剂有限公司; 茴香胺, 国药集团化学试剂有限公司; 活性白土, 北京康普汇维科技有限公司; 淀粉, 江西金佳谷物股份有限公司; 蔗糖, 北京康普汇维科技有限公司; 甲醇钠, 天津市风船化学试剂有限公司; 柠檬酸, 吴江市汇通化工有限公司。

1.2 仪器和设备

HP6890 型气相色谱仪 (配有火焰离子化检测器和自动进样器), 美国 Agilent 公司; 紫外可见分光光

第一作者: 硕士研究生 (朱雪梅副教授为通讯作者, E-mail: zhuxuemei@ncu.edu.cn)。

基金项目: 国家自然科学基金 (31460427); 国家留学基金 (教外司留 20130693); 江西省自然科学基金 (20132BAB204001)

收稿日期: 2015-09-17, 改回日期: 2015-10-08

度计,北京普析通用仪器有限责任公司; DHG -9240 型电热恒温鼓风干燥箱,上海银泽仪器设备有限公司; RV10 旋转蒸发仪,上海圣科仪器设备有限公司; BS224S 型电子天平,德国赛多利斯; HH- S4 型电热恒温水浴锅,上海双旭电子有限公司。

1.3 实验方法

1.3.1 油脂的纯化^[9]

用硅胶 300 g,50.4 g 活性炭和硅藻土混合物(质量比 2:1);150 g 蔗糖和硅藻土的混合物(质量比 2:1)填充制备层析柱。取 350 g 油过柱,随后用正己烷冲洗。通过蠕动泵对层析柱施加微小负压从而使出口流速为 0.25 mL/min。然后先用旋转蒸发和吹氮气的方法除去剩余正己烷,终样品于 -4 ℃ 冷藏备用。

1.3.2 样品的制备

制备一系列浓度的 α -生育酚乙醇溶液,置于冰箱中备用。对照组加入乙醇溶剂。另称取 50 g 纯化后的油脂于 100 mL 的烧杯中,依次加入不同浓度的生育酚溶液和同量的乙醇溶液,使 α -生育酚在油脂中的含量分别为 50、100、200、400 mg/kg。充分搅拌 10 min,再通过旋转蒸发除去残留的乙醇溶液,得到最终样品。

1.3.3 脂肪酸组成分析

油脂的甲基化^[10]:取 2 mg 的脂肪样品,加入 1.5 mL 正己烷溶解,分别加入 40 μ L 乙酸甲酯和 100 μ L 甲醇钠-甲醇溶液(0.5 mol/L),涡流混匀,37 ℃ 下反应 20 min 后立即冷冻 10 min (-20 ℃),迅速加入 60 μ L 草酸,离心弃去沉淀,滤液用无水 Na_2SO_4 过滤以除去水分,氮气吹干后,加入 1 mL 正己烷,备用。

GC 分析条件:Agilent 公司 6890 型气相色谱仪,CP-Sil 88 石英毛细管柱,FID 检测器;载气为氢气;进样口温度为 250 ℃;程序升温:45 ℃ 下保持 5 min,再以 13 ℃/min 的速率升温到 175 ℃,并保持 30 min,再以 4 ℃/min 的升温速度至 215 ℃,并保持 30 min。通过与脂肪酸甲酯标准对照,利用面积归一法确定各个脂肪酸的相对百分含量。每个样品进行 3 次重复测定,记录为平均值 \pm 标准差。

1.3.4 加速氧化实验

采用 Schaal^[11] 烘箱氧化实验法。取 50 g 油样于烧杯中,烧杯用铝箔包裹,将油样分别置于 40 ℃ 和 75 ℃ 烘箱中,保持烘箱暗黑,定期(0,6,12,18,24,30,36,42,50,56 d) 取样分析。

1.3.5 油样主要指标分析

酸价(AV)按 GB/T 5009.36—2003《粮食卫生标

准的分析方法》测定;过氧化值(POV)按 GB/T 5538—2005《动植物油过氧化值测定》测定;茴香胺值(PAV)按 GB/T 24304—2009《动植物油茴香胺值测定》测定;总氧化值(TOTOX)为衡量油脂氧化的综合指标,总氧化值等于 2 倍的过氧化值与茴香胺值的和。

氧化诱导时间的测定^[12]:取 3 g 油样放置于 Rancimat 反应管中,通过 Rancimat 反应管的空气流速设定为 10 L/h,并保持 110 ℃ 的恒温。油样在高温氧化过程中产生出来的气体,通过气流进入装有 50 mL 去离子蒸馏水的烧瓶中并溶于蒸馏水,通过在烧瓶中的一个电极测定电导率的变化。每个样品进行 3 次重复测定,记录为平均值 \pm 误差。

1.3.6 氧化动力学模型的建立

采用 Matlab 数学工具,通过多次分析拟合,探讨油脂在特定氧化状态过氧化值、茴香胺值、总氧化值与氧化时间与氧化时间之间的关系。并由 Arrhenus 方程,推出不同添加量的 α -生育酚在油脂中的抗氧化性。

2 结果与讨论

2.1 油脂的提纯

一般油脂中都会含有少量生育酚,为消除在 α -生育酚抗氧化性研究中产生影响,需要对油脂进行纯化。另外纯化也可以除去油脂中游离脂肪酸、过氧化物、微量金属元素等。从表 1 可以看出,纯化前玉米油的过氧化值和茴香胺值分别为 0.6 mmol/kg 和 0.1。

表 1 玉米油纯化前后过氧化值和茴香胺值以及脂肪酸组成的变化

Table 1 The peroxide value and anisidine value and fatty acid composition of corn oil before and after purification

项目	纯化前	纯化后
过氧化值/(mmol · kg ⁻¹)	0.6 \pm 0.0	\leq 0.1
茴香胺值	0.1 \pm 0.0	ND
诱导时间/h	103.0 \pm 3.0	96.0 \pm 3.4
脂肪酸/%		
棕榈酸(C _{16:0})	4.13	4.15
硬脂酸(C _{18:0})	3.89	3.90
油酸(C _{18:1})	29.16	29.25
亚油酸(C _{18:2})	59.37	59.38
亚麻酸(C _{18:3})	1.78	1.79
饱和脂肪酸	8.02	8.05
单不饱和脂肪酸	29.16	29.15
多不饱和脂肪酸	61.15	61.17
不饱和相对值	150.69	150.78

注:不饱和相对值 = (C_{18:1} + 2 \times C_{18:2} + 3 \times C_{18:3}) \times 100; ND, 未检出。

纯化后的过氧化值和茴香胺值均为未检出,可知纯化效果较为理想。

由表 1 可知,玉米油主要的不饱和脂肪酸是油酸和亚油酸,含量分别为 29.16% ~ 29.25%、59.39% ~ 59.38%,另玉米油中除了油酸和亚油酸外,还含有 1.78% ~ 1.79% 的亚麻酸。含量最多的为多不饱和脂肪酸 61.15% ~ 61.17%,其次是单不饱和脂肪酸 29.15% ~ 29.16%,不饱和相对值为 150.69 ~ 150.78。纯化前后脂肪酸组成并无明显差异。

2.2 玉米油氧化诱导时间

由表 2 的诱导时间的长短可以看出,在玉米油里,100 mg/kg 的 α -生育酚抗氧化性能强于 50 mg/kg 和 200 mg/kg 的 α -生育酚的抗氧化性,400 mg/kg 的 α -生育酚起到了促氧化作用。

表 2 玉米油的氧化诱导时间

Table 2 Oxidation induction time corn oil

α -生育酚的添加量/(mg · kg ⁻¹)	氧化诱导时间/h
0	93.00 ± 2.88
50	95.00 ± 1.92
100	98.00 ± 1.61
200	96.00 ± 1.89
400	90.00 ± 1.47

2.3 过氧化值

氢过氧化物是油脂初级氧化产物的含量,其值反映油脂初期氧化程度。由图 1 可以看出,在 40 ℃ 下,18 d 之前, α -生育酚并无明显抗氧化效果;直至第 36 天,100 mg/kg 和 400 mg/kg 的 α -生育酚抗氧化性能强于 200 mg/kg 的 α -生育酚;36 d 之后,400 mg/kg 的 α -生育酚出现明显抗氧化效果,50 mg/kg 的 α -生育酚对过氧化值影响不大,不同浓度的 α -生育酚均未出现促氧化效果。在 75 ℃ 下,18 d 之后, α -生育酚抗氧化性能才逐渐显现出来;直至 36 d,100 mg/kg 的 α -生育酚抗氧化性能优于其他浓度;42 d 之后,400 mg/kg 的 α -生育酚抗氧化效果最佳。

2.4 茴香胺值

油脂的初级氧化产物氢过氧化物不稳定,在高温下易分解生成次级氧化产物,茴香胺值(p-AV)表示植物油中的次级氧化产物中羰基化合物的含量,其值越大,说明油样被氧化程度越厉害。从图 2 可以看出,在 40 ℃ 下,400 mg/kg α -生育酚抑制茴香胺值的效果较 100 mg/kg 和 50 mg/kg 时抑制茴香胺生成的能力要强,但在各个 α -生育酚添加量中均无促进茴香胺生成的现象出现。在 75 ℃ 下,在玉米油里抑制

茴香胺值生成的最适添加量为 200 mg/kg 和 100 mg/kg。

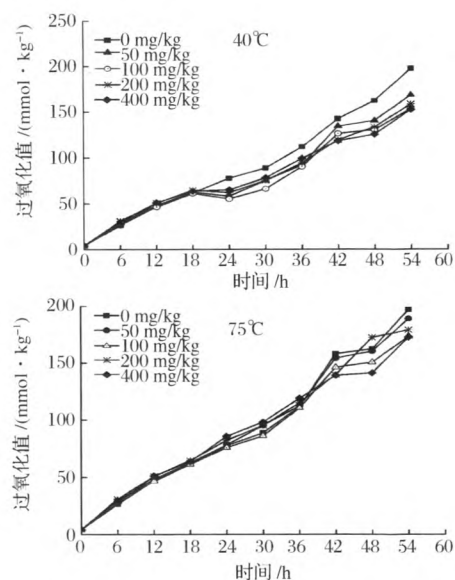


图 1 不同添加量 α -生育酚对玉米油过氧化值的影响

Fig. 1 different amounts α -tocopherol impact on corn oil peroxide value

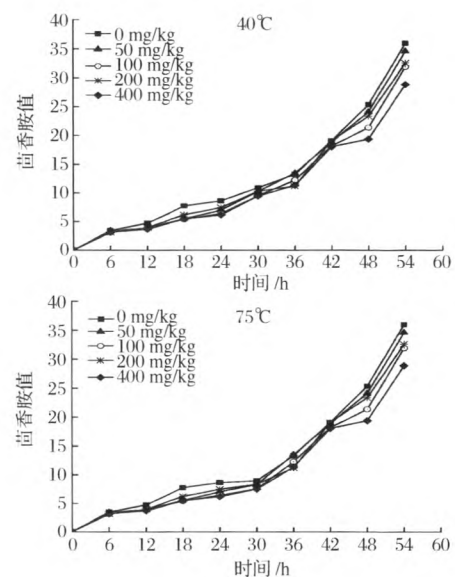


图 2 不同添加量 α -生育酚对玉米油茴香胺值的影响

Fig. 2 Effect of different amounts of corn oil α -tocopherol anisidine value

2.5 总氧化值

总氧化值(TOTOX)涵括了初级氧化产物含量和次级氧化产物茴香胺值,用来综合表征油脂氧化程度的一个指标。可以更综合更合理地体现不同添加量的 α -生育酚在油脂中的抗氧化效能及油脂的氧化程度。由图 3 可知,在玉米油中总氧化值的增长趋势与

POV 值的 增长趋势大体一致,由此可以得出玉米油的氧化产物仍以初级氧化产物为主。

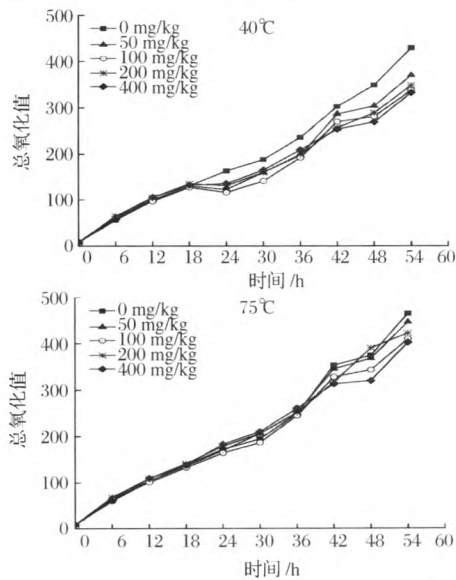


图 3 不同添加量 α -生育酚对玉米油总氧化值的影响
Fig. 3 Effect of different amounts of corn oil α -tocopherol total oxidation value

2.6 玉米油抗氧化动力学模型的建立

刘建平^[13]验证在一般油脂自氧化符合零阶动力学方程,在植物油中添加抗氧化剂后,其氧化会同时

符合零阶和一阶动力学反应。试验中由零阶动力学反应所得直线的回归系数要优于一阶动力学反应。所以可以通过零阶动力学反应来建立过氧化值、茴香胺值、总氧化值与氧化时间之间的关系模型。

零级反应动力学规律,即反应速率与反应物浓度无关,其速率方程可写成: $-\frac{dP}{dt} = k_0P_0$, 通过积分得到 $P_0 - P_t = k_0t$ 。

式中: k_0 为氧化反应的速率常数; P_t 为反应进行到 t 时刻的过氧化值、茴香胺值和总氧化值; P_0 为初始反应时的过氧化值、茴香胺值和总氧化值; t 为氧化时间。

由表 3、表 4 可以看出,在油脂氧化初期,过氧化值、茴香胺值、总氧化值与氧化时间之间满足一定的线性关系,由此可以计算出过氧化值、茴香胺值、总氧化值在油脂氧化初期某一个时刻的具体数值,进而可以初步预测油脂的货架期。还可以看出过氧化值与氧化时间之间的线性回归系数大于茴香胺值与氧化时间之间的线性回归系数,故可以通过过氧化值与氧化时间之间的拟合方程计算油脂的氧化速率常数,即用氢过氧化物的生成速率常数代替油脂的氧化速率常数。

表 3 40 °C 过氧化值、茴香胺值、总氧化值(y)与氧化时间(x)之间的拟合方程

Table 3 Fitting equation between peroxide value, anisidine value, total oxidation value (y) and oxidation time (x) of 40 °C

α -生育酚 添加量/(mg · kg ⁻¹)	过氧化值		茴香胺值		总氧化值	
	拟合方程	R ²	拟合方程	R ²	拟合方程	R ²
0	$y = 13.565x - 10.773$	0.997	$y = 1.676x - 1.210$	0.971	$y = 35.165x - 28.290$	0.996
50	$y = 10.714x - 9.404$	0.992	$y = 1.538x - 1.554$	0.986	$y = 34.474x - 22.646$	0.984
100	$y = 9.158x - 9.423$	0.990	$y = 1.382x - 1.367$	0.987	$y = 29.462x - 19.866$	0.991
200	$y = 10.282x - 9.475$	0.989	$y = 1.434x - 1.233$	0.986	$y = 31.795x - 19.332$	0.994
400	$y = 8.640x - 13.409$	0.991	$y = 1.356x - 1.231$	0.981	$y = 27.994x - 26.420$	0.989

表 4 75 °C 过氧化值、茴香胺值、总氧化值(y)与氧化时间(x)之间的拟合方程

Table 4 Fitting equation between peroxide value, anisidine value, total oxidation value (y) and oxidation time (x) of 75 °C

α -生育酚 添加量/(mg · kg ⁻¹)	过氧化值		茴香胺值		总氧化值	
	拟合方程	R ²	拟合方程	R ²	拟合方程	R ²
0	$y = 27.043x - 10.553$	0.995	$y = 8.899x - 7.210$	0.985	$y = 40.003x - 48.276$	0.995
50	$y = 19.444x - 10.404$	0.997	$y = 3.741x - 7.554$	0.988	$y = 38.534x - 44.143$	0.993
100	$y = 18.144x - 10.775$	0.993	$y = 3.326x - 7.637$	0.987	$y = 36.547x - 49.856$	0.993
200	$y = 10.282x - 9.475$	0.996	$y = 3.335x - 6.833$	0.984	$y = 38.793x - 44.321$	0.994
400	$y = 24.106x - 10.808$	0.997	$y = 3.318x - 6.883$	0.988	$y = 42.077x - 46.427$	0.990

由表 5、表 6 可以看出,100 mg /kg 添加量的 α -生育酚氢过氧化物速率常数低于其他,即为为玉米油的最适宜 α -生育酚添加量。随着 α -生育酚添加量

的不断 增加,氢过氧化物速率常数呈现递增趋势,但是整体并未出现促氧化现象。

表5 氢过氧化物、羰基化合物、总氧化值在 40℃ 的速率常数

Table 5 Hydroperoxides, carbonyl compounds, the total value of the rate constant of the oxidation of 40℃

α-生育酚的 添加量/(mg·kg ⁻¹)	40℃ 速率常数(K)/10 ⁻⁵ [mol·(L·s) ⁻¹]		
	氢过氧化物	羰基化合物	总氧化值
0	15.7	1.9	40.7
50	12.4	1.8	39.9
100	10.6	1.6	34.1
200	11.9	1.7	36.8
400	10.2	1.6	32.4

表6 氢过氧化物、羰基化合物、总氧化值在 75℃ 的速率常数

Table 6 Hydroperoxides, carbonyl compounds, the total value of the rate constant of the oxidation of 75℃

α-生育酚的 添加量/(mg·kg ⁻¹)	75℃ 速率常数(K)/10 ⁻⁵ [mol·(L·s) ⁻¹]		
	氢过氧化物	羰基化合物	总氧化值
0	31.3	10.3	46.3
50	22.5	4.33	44.6
100	21.0	3.85	42.3
200	21.8	3.86	44.9
400	27.9	3.84	48.7

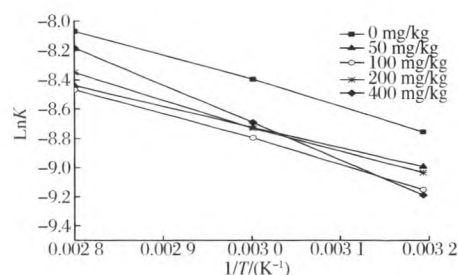
油脂的氧化分为过氧化物平稳增长的诱导期和过氧化物急速增长的传播期,因为过氧化物在诱导期的产生较为缓慢,其在传播期增长较为迅速,所以将油脂的氧化速率常数定义为传播期氧化速率。此时所得油脂的氧化速率常数与温度呈幂函数关系,即符合 Arrhenus 方程:

$$\ln K = \ln A + E_a/RT$$

式中:K 为油脂的氧化反应的速率;A 为指数前因子;E_a 为活化能;R 为气体常数;T 为绝对温度。

由 Arrhenus 方程可知,油脂氧化速率与加速氧化的温度有关。一般而言,温度越高油脂氧化速率越快。但由于油脂本身的结构和添加 α-生育酚浓度的不同,油脂氧化的速率和温度的关系并非完全一样,所以得到的 Arrhenus 方程也不一样。即可根据具体的 Arrhenus 方程,推出不同添加量的 α-生育酚在油脂中的抗氧化性;也可在高温下收集数据,然后根据 Arrhenus 方程推出较低温度下油脂的稳定情况。

由图 4 和表 7 可以看出,玉米油的速率常数的对数与温度倒数间存在非常好的线性关系($R^2 > 0.982$),符合阿伦尼乌斯定律。温度的差异性对 α-生育酚在玉米油中的最适抗氧化浓度有显著影响,当氧化温度为 75, 60 和 40℃ 时,α-生育酚在玉米油中最适抗氧化浓度分别为 100, 100 和 400 mg/kg。同时,当

图4 温度对玉米油氧化速率的影响(玉米油 60℃ 氧化数据引自张建飞^[14])Fig. 4 Effect of temperature on the oxidation rate of corn oil (corn oil 60℃ oxidation data taken from ZHANG^[14])

α-生育酚浓度相同时,氧化温度越高,所得到的速率常数就会越大,说明 α-生育酚的抗氧化效能越低。

由表 7 可以看出,添加 α-生育酚抗氧化剂后玉米油的活化能与气体常数比均比未添加 α-生育酚抗氧化剂的玉米油高,添加 α-生育酚抗氧化剂后玉米油的氧化反应较难进行。添加不同浓度的 α-生育酚的茶油的活化能与气体常数比从高到低依次为,100 mg/kg(4 130K) > 400 mg/kg(3 950K) > 50 mg/kg(3 418K) > 200 mg/kg(3 027K) > 0 mg/kg(2 979K)。由表 7 可以得知,在玉米油里 α-生育酚添加量 0、50、100、200 和 400 mg/kg 时所对应的 Arrhenus 方程分别为: $\ln K = -2 979/T + 0.49$ 、 $\ln K = -3 418/T + 1.57$ 、 $\ln K = -4 130/T + 3.48$ 、 $\ln K = -3 027/T + 0.57$ 和 $\ln K = -3 950/T + 3.16$ 。

表7 添加不同浓度 α-生育酚的玉米油的相关氧化动力学数据

Table 7 Related oxidation kinetics data different concentrations of α-tocopherol corn oil

α-生育酚的 添加量/(mg·kg ⁻¹)	动力学参数		
	LnA	E _a /R	R ²
0	+0.49	-2 979 K	0.996 1
50	+1.57	-3 418 K	0.986 8
100	+3.48	-4 130 K	0.982 1
200	+0.57	-3 027 K	0.989 0
400	+3.16	-3 950 K	0.999 2

3 结论

通过分别设置氧化温度和生育酚添加量为变量,进行 Schaal 烘箱氧化实验,运用动力学方程,在油脂氧化初期,拟合过氧化物、茴香胺值、总氧化值与氧化时间之间的拟合方程,从而可以预测油脂在特定时刻的过氧化物、茴香胺值、总氧化值,可以初步得到玉米

油保质期。并通过 Arrhenius 方程发现,在油脂氧化过程里,初级产物的生成速率的对数与加速氧化的绝对温度的倒数之间存在较好的线性关系 ($R^2 > 0.982$),符合方程规律。

通过不同添加量 α -生育酚对玉米油过氧化值的影响以及油脂的氢过氧化物生成的速率常数可以看出,在 40℃ 下,添加 100 mg/kg 的 α -生育酚时为最适添加量,随着添加量增加 α -生育酚并未呈现促氧化作用。在 75℃ 下, α -生育酚的最佳添加量为 100 mg/kg,随着添加量的增加 α -生育酚呈现一定促氧化作用。同时得出在油脂的氧化初期符合 Arrhenius 方程,从而可以推出在不同温度下玉米油氧化速率常数,得出在玉米油中 α -生育酚的最佳添加量。

参 考 文 献

- [1] 邓鹏,程永强,薛文通. 油脂氧化及其氧化稳定性测定方法[J]. 食品科学,2005,26(1):196-199.
- [2] 朱雪梅,吴俊峰,胡蒋宁,等. α -生育酚在花生油、芝麻油和菜籽油中的抗氧化效能[J]. 食品与发酵工业,2013,39(10):85-90.
- [3] 陈莹. 抗氧化剂的抗氧化活性评价方法研究[D]. 无锡:江南大学,2012.
- [4] FRANKEL E N. Lipid Oxidation[M]. London: Wordhead Publishing,2014.
- [5] WARAH O T, MCCLEMENTS D J, DECKER E A. Mechanisms of lipid oxidation in food dispersions[J]. Trends in Food Science & Technology,2011,22(1):3-13.
- [6] 夏秋瑜,李瑞,唐敏敏,等. 天然椰子油的组分及其对花生油氧化稳定性的影响[J]. 中国粮油学报,2012,27(9):64-66.
- [7] 尤新. 玉米油的营养功能和发展前景[J]. 粮油食品科技,2004,12(2):21-22.
- [8] 李海洋. 高含量天然 α -生育酚的制备研究[D]. 无锡:江南大学,2013.
- [9] JUNG M Y, MIN D B. Effects of α -, γ -, and δ -Tocopherols on oxidative stability of soybean oil[J]. Journal of Food Science,1990,55:1464-1465.
- [10] LI H, FAN Y, LI J, et al. Evaluating and predicting the oxidative stability of vegetable oils with different fatty acid compositions[J]. Journal of Food Science,2013,78(4):H633-H641.
- [11] 牛付欢,梁俊梅,张余权,等. 油脂 OSI 加速氧化条件下氧化机制初探[J]. 中国粮油学报,2014,29(10):67-71.
- [12] 刘玉兰,刘瑞花,钟雪玲,等. 不同制油工艺所得花生油品质指标差异的研究[J]. 中国油脂,2012,37(9):6-10.
- [13] 刘建平,张玉军,刘彩丽. 辣椒籽中甲醇提取物的抗氧化动力学研究[J]. 河南工业大学学报:自然科学版,2011,32(5):25-28.
- [14] 张建飞,朱雪梅,熊华,等. α -生育酚在玉米油、大豆油和茶油中的抗氧化动力学研究[J]. 中国油脂,2015(4):11.

The antioxidant activity of α -tocopherol in corn oil at different temperatures and concentrations

YE Yu-lan, LIU Wen-qiang, ZHU Xue-mei*, ZHANG Jian-fei, XIONG Hua

(Nanchang University, Food Science and Technology of State Key Laboratory, Nanchang 330047, China)

ABSTRACT The antioxidation of α -tocopherol in corn oil at different temperatures were studied. Different dosages of α -tocopherol were added into pure corn oil, then Schaal oven oxidation experiment was conducted, and peroxide values and p-anisidine values were determined regularly and total oxidation values were calculated. Using kinetic model to fit peroxide values, p-anisidine values, total oxidation values and oxidation time, the fitting equations are linear and confirmed by Arrhenius equation. In the experiment, the temperature was 40℃, 75℃, the amount of α -tocopherol were 50, 100, 200, 400 mg/kg, respectively. The results showed that: There is a very good linear relationship between the rate constant of corn oil and the logarithm of temperature ($R^2 > 0.982$). When corn oil stored at 75, 60 and 40℃, the optimal antioxidant concentration of α -tocopherol in corn oil was 100 mg/kg, 100 mg/kg and 400 mg/kg, respectively.

Key words α -tocopherol; lipid oxidation; antioxidant effect; kinetics