煮制干葵瓜子品质变化及预包装产品保质期分析

周 芸[1]，刘晓丽[1]，孙世琨[2]，赵文宝[1]，李 莉[1]，
张 珍[*3]，孙国政[1]，范丽萍[1]，倪 荣[1]
（1. 庆阳市食品检验检测中心，甘肃 庆阳 745000；2. 甘肃省食品检验研究院，甘肃 兰州 730030；3. 甘肃农业大学 食品科学与工程学院，甘肃 兰州 730070）

摘要：以预包装焦糖味煮制干葵瓜子为实验对象，采用食品储存期动力学加速实验方法（accelerated shelf life testing，ASLT）分析添加或未添加脱氧剂的预包装样品，在40 ℃及50 ℃条件下的酸价、过氧化值及感官指标变化趋势，建立了贮存期预测动力学模型，预测了产品货架期，并评价了产品感官与酸价及过氧化值指标的关系。结果表明：随着贮存时间延长，添加或不添加脱氧剂的煮制干葵瓜子产品在40 ℃及50 ℃条件下，酸价均呈现显著上升趋势，过氧化值呈现不一致的波动式上升趋势；通过拟合回归分析及构建的煮制干葵瓜子贮藏品质动力学模型可得出，添加脱氧剂的预包装煮制干葵瓜子产品理论保质期可达352 d，未添加脱氧剂同类产品理论保质期176 d；此外，酸价对瓜子感官影响更为敏锐，而过氧化值突变趋势与瓜子贮存后期产品感官劣变程度更为一致。

关键词：煮制干葵瓜子；脱氧剂；酸败氧化；保质期预测模型
中图分类号：TS 255.6　**文章编号：**1673-1689(2023)05-0043-07　DOI：10.3969/j.issn. 1673-1689.2023.05.006

Quality Change of Cooked and Dried Sunflower Seeds and Shelf Life Analysis of Pre-Packaged Products

ZHOU Yun[1]，*LIU Xiaoli*[1]，*SUN Shikun*[2]，*ZHAO Wenbao*[1]，*LI Li*[1]，
ZHANG Zhen[*3]，*SUN Guozheng*[1]，*FAN Liping*[1]，*NI Rong*[1]
（1.Qingyang Food Inspection and Testing Center, Qingyang 745000,China; 2.Gansu Food Inspection and Research Institute, Lanzhou 730030,China; 3.College of Food Science and Engineering, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China）

Abstract: The pre-packaged, caramel-flavored, boiled-and-dried sunflower seeds were used as the experimental objects. The accelerated shelf life testing (ASLT) method was adopted to analyze pre-packaged samples with or without deoxidizers. The changes in the acidity value, peroxide value, and sensory indicators of boiled-and-dried sunflower seeds under the conditions of 40 ℃ and 50 ℃ were also investigated. A storage period prediction dynamic model was established, which predicted the product shelf life and evaluated the correlation between the sensory indicators and acidity and peroxide value indicators of the product. The results showed that with the prolongation of storage

收稿日期：2021-09-07
基金项目：甘肃省市场监督管理局科技研发计划项目(SSCJG-SP-201914)。
* **通信作者：**张 珍(1971—)，女，博士，副教授，硕士研究生导师，主要从事农畜产品综合加工利用研究。E-mail：332037918@qq.com

time, the acid value index of cooked dried sunflower seed products with or without deoxidizer added increased significantly at 40 ℃ and 50 ℃, and the peroxide value index showed an inconsistent fluctuating upward trend. Through fitting regression analysis and constructing a storage kinetics model for boiled-and-dried sunflower seeds, the theoretical shelf life of pre-packaged boiled-and-dried sunflower seeds with deoxidizer added could reach 352 days, while the theoretical shelf life of similar products without deoxidizer added could be 176 days. Furthermore, the sensory performance of sunflower seeds was more sensitive to the change of acid values while the tendency of abrupt change in peroxide values was more consistent with the degree of sensory deterioration of the product in the later stages of storage.

Keywords: boiled and dried sunflower seed, deoxidizer, rancidity and oxidation of lipids, kinetic model of shelf-life prediction

葵瓜子(葵花子)产品因其良好的滋味和松脆的口感,一直以来都在休闲零食领域占据较大的市场份额。但是葵瓜子的油脂含量,特别是不饱和脂肪含量较高[1],籽粒经熟制加工后,其品质容易因脂质酸败氧化而影响食用安全性[2]。

为延长产品贮存期,目前较为经济有效的方法为在炒制瓜子产品包装内加入食品脱氧剂,达到防潮和除氧双重作用[3]。采用密闭性好的包装材料,加入易吸收氧的铁系物质作为脱氧剂,在这种状态下封装的产品,包装内的氧气会快速消耗,最终降低至近于无氧状态,从而延缓瓜子类产品的脂质氧化[4]。

为验证脱氧剂包装对煮制烘干瓜子产品保质期的影响, 选取焦糖味煮制干葵瓜子为实验对象,采用目前在食品加工领域应用较广的食品储存期动力学加速实验方法(ASLT)[5],得到并外推感官品质变化数据,综合运用阿伦尼乌斯方程构建贮藏品质动力学模型[6-7],并对其低温贮存条件下保质期进行预测,以期确定带脱氧剂包装能有效延长煮制干葵瓜子产品的保质期,并对贮存期的葵瓜子品质指标效用提供一定的参考。

1 材料与方法

1.1 材料

焦糖味煮制干葵瓜子(净质量 208 g,实验当天生产包装完毕):庆阳中农农产品有限公司提供。

预包装材料(VMPET-12 聚酯镀铝膜、MPE-110 茂金属聚乙烯、BOPP-18 亚光膜等三层材料制成的复合膜袋,氧气透过率<197 mL/(m^2·d·MPa)):成都康顺包装有限公司提供。

脱氧剂(还原铁粉型,标称吸氧量 300 mL):渭南市首佳科技有限公司提供。

1.2 试剂

液氮(纯度>99.99%):西安天海气体有限公司产品;冰乙酸(CH_3COOH)、碘化钾 (KI)、可溶性淀粉、无水硫酸钠(Na_2SO_4):天津市富宇精细化工有限公司产品;三氯甲烷($CHCl_3$):LiChrosolv 公司产品;无水乙醚、石油醚(沸程为 30~60 ℃):国药集团化学试剂有限公司产品;硫代硫酸钠($Na_2S_2O_3·5H_2O$)、重铬酸钾($K_2Cr_2O_7$):坛墨质检科技股份有限公司产品;其余均为分析纯。

1.3 仪器和设备

自动电位滴定仪(含非水相酸碱滴定专用复合 pH 电极,滴定精度达 0.01 mL/滴,电信号测量精度达到 0.1 mV,配备 20 mL 的滴定液加液管,滴定管的出口处配备防扩散头,电极采用 Ag/AgCl 内参比电极,内参比液为 2 mol/L 氯化锂(LiCl)乙醇溶液):瑞士万通公司产品;磁力搅拌器(配备聚四氟乙烯磁力搅拌子):上海精密科学仪器有限公司产品;DFY-200C 食品粉碎机:上海汗诺仪器有限公司产品;DHG-9075A 电热恒温干燥箱:上海齐欣科学仪器有限公司产品;RE100-Pro 旋转蒸发仪:北京莱伯泰科仪器股份有限公司产品。

1.4 实验方法

1.4.1 指标测定

1)瓜子仁油脂提取 以无水乙醚为提取试剂,采用索氏抽提法提取油脂。将煮制干葵瓜子去壳后,用食品粉碎机粉碎,装入抽提滤纸筒中,加入无水乙醚,控制水温 45 ℃,加热回流提取 4 h 后收集并合并所有的提取液于一个烧瓶中,置于水浴温度不高于 45 ℃的旋转蒸发仪内,在 0.08~0.10 MPa 负压

条件下,将其中的溶剂彻底旋转蒸干,至无乙醚从冷凝管滴下,最后将油脂经无水硫酸钠干燥后备用待测[8]。

2)酸价的测定 参照 GB 5009.229—2016《食品安全国家标准 食品中酸价的测定》中第二法[9],合格指标为酸价≤3.0 mg/g。

3)过氧化值的测定 参照 GB 5009.227—2016《食品安全国家标准 食品中过氧化值的测定》中第一法滴定法[10],合格指标定为过氧化值≤0.80 g/hg。

4)感官指标测定 参照 GB/T 22165—2008《坚果炒货食品通则》[11]中方法,5 人为一个小组,在自然光或 20 W 的白炽灯下,将葵瓜子产品拆袋置于清洁、干燥的白瓷盘中,用目测检查色泽、颗粒形态和杂质,嗅其气味,去除外壳后目测检查籽仁的色泽,尝其滋味与口感,多数成员发觉感官异常即确定为感官异常。

上述指标的数据均进行 3 次平行测定。

1.4.2 *实验方案* 随机抽取实验开始当天生产的 208 g 预包装煮制干葵瓜子,其中添加脱氧剂样品 20 袋,未添加脱氧剂样品 20 袋,每组样品均分为两份并放入两个电热恒温干燥箱中,实验温度分别设定为 40、50 ℃,相对湿度均设定为 60%。

先对生产完毕、产品包装后当天(0 d)的煮制干葵瓜子样品酸价、过氧化值进行测定;并在 40 ℃条件下,在实验 1、4 d 之后每隔 4 d 抽取两种各一袋样品,测定一次上述指标,至 32 d 停止;在 50 ℃条件下,在实验 1、3 d 之后每隔 3 d 抽取两种样品各一袋,测定一次上述指标,至 24 d 停止。

1.5 相关公式

食品加工过程中的大多数变化都遵循零级或一级反应模式,动力学方程可以体现贮存品质指标变化与时间 t 之间的关系[12-13]:

零级反应公式:$A=A_0kt$ (1)

一级反应公式:$A=A_0e^{kt}$ (2)

式中:A_0 为贮存第 0 天时所测定的酸价(或过氧化值),mg/g(或 g/hg);A 为贮存至第 t 天时所测定的酸价(或过氧化值),mg/g(或 g/hg);k 为贮存品质指标变化速率常数(反应速率常数);t 为样品的贮存时间,d。

阿伦尼乌斯方程可以反映变化速率常数 k 与热力学温度 T 之间的关系,其方程表达式为:

$$k=k_0\exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \quad (3)$$

对公式(3)进行取对数处理可得:

$$\ln k=\ln k_0-\frac{E_a}{RT} \quad (4)$$

结合动力学方程和阿伦尼乌斯方程,可以得出保质期预测公式。

零级动力学保质期公式为:

$$\theta_t=\frac{A}{A_0k_0\exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right)} \quad (5)$$

一级动力学保质期公式为:

$$\theta_t=\frac{\ln A-\ln A_0}{k_0\exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right)} \quad (6)$$

式中:k_0 为方程的指前因子(频率因子);E_a 为籽粒脂质氧化酸败变化反应的活化能,J/moL;R 为气体常数,8.314 J/(mol·K);θ_t 为通过计算得出的产品货架保质期,d。

1.6 煮制干葵瓜子贮藏品质动力学模型构建

全部样品品质氧化指标(酸价及过氧化值)检测完成后,根据公式(1)或(2),对相关指标进行数据处理后采用线性回归分析,确定两个温度下的反应级数、反应生成物(氧化物指标)质量浓度对应的反应时间方程,以及反应速率常数 k;根据公式(3)和(4),代入两个贮藏温度数据 T_1、T_2 及反应速率常数 k,从而计算 E_a、k_0;并根据反应级数及方程(5)或(6),分别计算出 40、50 ℃条件下,氧化指标优先达到限值时两款煮制干葵瓜子产品货架期 θ_t,并进一步计算商业贮存条件下(20 ℃)不同瓜子产品的商业保质期。

1.7 数据处理

实验相关数据分析采用 SPSS 17.0 软件进行;显著性差异水平设为 $P<0.05$;作图采用 Origin 2017 软件。

2 结果与分析

产品在加工完毕、贮存实验开始前(0 d)产品酸价为 0.103 mg/g,过氧化值为 0.012 g/hg。

2.1 40 ℃过氧化值及酸价

40 ℃实验条件下,两种包装的煮制干葵瓜子产品的酸价及过氧化值随贮存时间的变化趋势如图 1 和图 2 所示。由图 1 可以看出,在 40 ℃条件下,两

种样品的酸价随着贮存时间延长而逐步增大,且趋势总体均呈现指数型增长。相比之下未添加脱氧剂的产品酸价增幅更大,整体数据高于添加脱氧剂产品,贮存 12 d 后两者之间有显著(P<0.05)的差异性。未添加脱氧剂产品在 24 d 后酸价增幅加大,而添加脱氧剂产品酸价上升趋势则较为平稳,表明脱氧剂可以延缓煮制干葵瓜子脂质酸败进程。

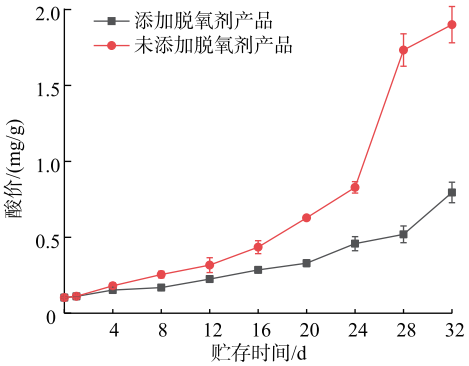


图 1　40 ℃时添加(未添加)脱氧剂煮制干葵瓜子在不同保质期的实验酸价

Fig. 1　Acid value of boiled-and-dried sunflower seeds with (without) deoxidizer during different shelf life at 40 ℃

从图 2 可以看出,在 40 ℃条件下,两种样品的过氧化值均随着贮存时间延长而呈波动式上升的趋势。未添加脱氧剂煮制干葵瓜子产品的过氧化值在贮存 16 d 达到了第一个高点,而后逐步下降,24 d 后呈现快速上升趋势;添加脱氧剂煮制干葵瓜子产品过氧化值变化趋势与之类似,在 16 d 达到较高值,之后缓慢下降,并在 32 d 时指标有所上升。12 d 及以后,两组数据之间有显著(P<0.05)的差异性,表明脱氧剂可以延缓煮制干葵瓜子脂质氧化进程。

2.2　50 ℃过氧化值及酸价指标

50 ℃实验条件下,两种包装的煮制干葵瓜子产品的酸价及过氧化值随贮存时间的变化趋势如图 3 和图 4 所示。由图 3 可以看出,在 50 ℃条件下,两种样品的酸价随着贮存时间延长而快速增大,且总体趋势均呈现指数型增长。相比之下未添加脱氧剂的产品酸价增幅更大,整体数据高于添加脱氧剂产品,贮存 9 d 后两者之间有显著(P<0.05)的差异性。未添加脱氧剂产品在 15 d 后酸价增幅加大,且在 19 d 时超出标准限值;而添加脱氧剂产品同样在 15 d 后酸价快速上升,且 24 d 后将超出标准限值,表明脱氧剂可以延缓煮制干葵瓜子脂质酸败进程。

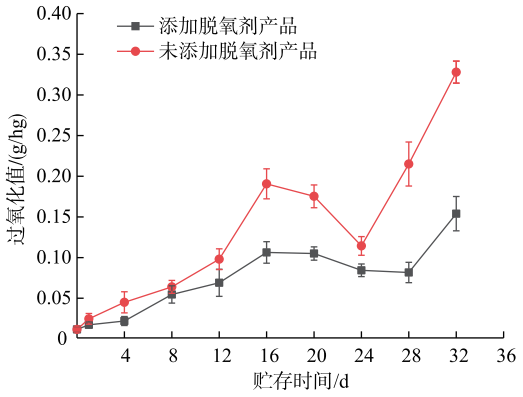


图 2　40 ℃时添加(未添加)脱氧剂煮制干葵瓜子在不同保质期的实验过氧化值

Fig. 2　Peroxide value of boiled-and-dried sunflower seeds with (without) deoxidizer during different shelf life at 40 ℃

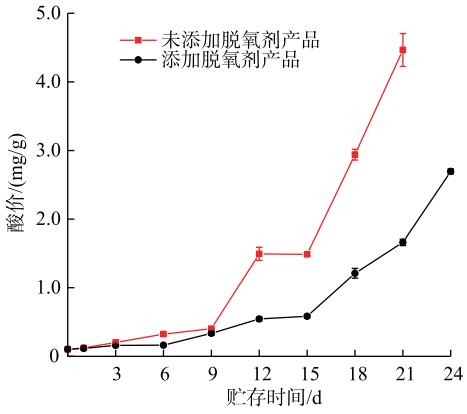


图 3　50 ℃时添加(未添加)脱氧剂煮制干葵瓜子在不同保质期的实验酸价

Fig. 3　Acid value of boiled-and-dried sunflower seeds with (without) deoxidizer during different shelf life at 50 ℃

从图 4 可以看出,在 50 ℃条件下,未添加脱氧剂产品的过氧化值在贮存 18 d 时指标接近 0.80 g/hg 限值,而后显著下降(P<0.05),再缓慢回升;添加脱氧剂产品过氧化值变化趋势与之类似,在 15 d 时达到较高值,而后显著下降,并在 18 d 后指标快速回升(P<0.05),随着贮存时间延长总体呈现先快速上升,后回落缓增的趋势。未添加脱氧剂的产品过氧化值在前期增幅更大,添加脱氧剂产品过氧化值在 18 d 回落后增幅较大,24 d 时二者没有显著性差异(P>0.05),表明脱氧剂对煮制干葵瓜子脂质后期氧化没有抑制效果。

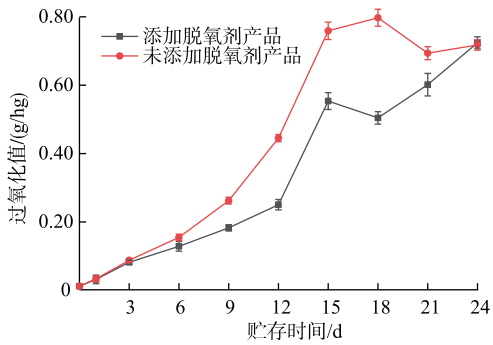


图 4　50 ℃时添加(未添加)脱氧剂煮制干葵瓜子在不同保质期的实验过氧化值

Fig. 4　Peroxide value of boiled –and –dried sunflower seeds with (without) deoxidizer during different shelf life at 50 ℃

2.3　感官指标分析

对 40 ℃贮存条件下包装内添加及不添加脱氧剂的煮制干葵瓜子同步进行感官评价。从结果来看,添加脱氧剂产品从 1 d 贮存至 32 d,色泽、气味及滋味、颗粒形态无异常改变,口感总体保持松脆,无杂质出现。未添加脱氧剂产品从 1 d 贮存至 24 d 时,色泽、颗粒形态、气味及滋味无异常改变,也无杂质出现;继续贮存至 28 d 时,色泽、颗粒形态无异常改变,气味略显陈油脂味,滋味无显著异常,口感松脆,未见杂质;从 28 d 至 32 d 时,色泽、颗粒形态无明显异常,气味逐步有轻微的油脂酸味,滋味无明显异常,口感略显柔化。

对 50 ℃贮存条件下包装内添加及不添加脱氧剂的煮制干葵瓜子同步进行感官评价。从结果来看,添加脱氧剂产品从 1 d 贮存至 15 d 时,色泽、颗粒形态、气味及滋味无异常改变;气味在 18 d 至 21 d 时逐步出现油脂酸味,但滋味无明显异变,口感略有柔化,无杂质出现;在 24 d 时,色泽及颗粒形态无明显改变,但气味出现酸败哈喇味,滋味略有异味,口感不够松脆。未添加脱氧剂包装葵瓜子产品从 1 d 贮存至 12 d 时,色泽、颗粒形态、气味及滋味无异常改变,也无杂质出现;在 15 d 至 24 d 时,色泽变黄,且颜色逐步加深,气味逐渐出现明显的酸败哈喇味,滋味在 21 d 时出现明显的苦涩异味,口感黏柔,失去松脆感。

2.4　煮制干葵瓜子理论保质期分析预测

过氧化值在实验前期增长速率高于酸价,但在中后期过氧化值易出现波动,而两组产品的酸价在两个贮存温度条件下均具有更好的规律性;在 50 ℃条件下,根据反应动力学方程拟合数据,可以发现添加脱氧剂产品贮存 25 d 酸价超标,未添加脱氧剂产品贮存 19 d 酸价超标,此时产品的过氧化值接近但仍未越过临界值,这说明较高温度下过氧化值已经不宜代表产品贮存期,因此采用酸价建立煮制干葵瓜子贮藏品质动力学模型更为合适。

根据产品反应动力学方程(1)和(2),对酸价指标进行数学变换,而后以酸价变换值对实验时间进行线性回归拟合,由回归方程可计算得到煮制干葵瓜子脂质氧化反应级数及其决定系数。

根据决定系数 R^2 及反应速率常数 k (见表 1),可以确认含脱氧剂葵瓜子脂质酸败氧化更接近一级反应,代入公式(4)计算可得:加脱氧剂包装焦糖葵瓜子产品酸败氧化反应活化能 E_a=7.185×10^4 J/mol、指前因子 k_0=e$^{24.76}$;在此基础上,根据货架期预测公式(6),酸价超标临界值 3.0 mg/g,产品包装出厂时酸价初始值 0.103 mg/g,进一步计算可得,20 ℃贮存条件下,加脱氧剂包装焦糖葵瓜子产品贮存期为 352 d。

表 1　不同级数下含脱氧剂产品反应速率常数及决定系数

Table 1　Reaction rate constants and determination coefficients of products containing deoxidizer at different stages

产品	实验温度/℃	反应级数	k	R^2
含脱氧剂焦糖葵瓜子	40	1	0.058 6	0.975 1
	50	1	0.137 6	0.981 0
	40	0	0.019 1	0.872 6
	50	0	0.098 3	0.861 2

根据决定系数 R^2 及反应速率常数 k(见表 2),可以确认不含脱氧剂煮制干葵瓜子脂质酸败氧化更接近一级反应,代入公式(4)计算可得:不含脱氧剂煮制干葵瓜子酸败氧化反应活化能 E_a=5.916×10^4 J/mol、指前因子 k_0=e$^{20.31}$;在此基础上,根据货架期预测公式(6),酸价超标临界值 3.0 mg/g,产品包装出厂时酸价初始值 0.103 mg/g,进一步计算可得,20 ℃贮存条件下,不含脱氧剂包装煮制干葵瓜子产品贮存期为 176 d。

2.5　讨论

本次实验选用的焦糖味煮制干葵瓜子产品,生产工艺先经过煮制,而后摊晾风干,生产过程工序较多,相较炒制瓜子的长时间较高温度炒制过程,

表 2　不同级数下不含脱氧剂产品反应速率常数及决定系数

Table 2　Reaction rate constants and determination coefficients of products without deoxidizer at different stages

产品	实验温度/℃	反应级数	k	R^2
不含脱氧剂焦糖葵瓜子	40	1	0.089 7	0.978 4
	50	1	0.181 2	0.971 9
	40	0	0.056 5	0.828 1
	50	0	0.200 3	0.842 7

存在品质加速劣变风险,因此对其进行有效包装是控制该类产品品质安全的重要保证。

作为一种加速反应动力学模型,ASLT 已经在快速、有效地预测由化学变化引起劣变的食品货架期中得到了广泛应用[6],但具体实验分析中,找到最适的参数来描述指标的动力学变化非常重要[14]。对瓜子产品而言,品质劣变的主要指标有感官、酸价和过氧化值,其中酸价及过氧化值更能客观反映品质劣变情况,有利于定性分析瓜子品质动力学变化[15],而产品在贮存过程中,其感官指标变化趋势与氧化指标趋势相似,但在氧化指标达到临界值前,气味往往会有轻微异常。

受多因素影响,瓜子的不饱和脂质成分在贮存期间,会发生水解酸败和氧化酸败[16],而脂质氧化酸败占据反应主导[17-18]。贯穿全程的水解酸败由酸价表征,氧化酸败中初级氧化通常以过氧化值来衡量,即氢过氧化物生成量。随着贮存温度升高,脂质的水解和氢过氧化物的生成速率会加快,产品的货架期寿命也会缩短[19]。氢过氧化物作为一种不稳定的中间体化合物,会加速反应生成更复杂的酮、醛、酸等(二次)氧化产物,也是贮存后期酸价继续上升的原因[20]。贮存时间继续延长,系列氧化物的相互作用,还会促进氢过氧化物的形成,导致过氧化值呈波动性上升趋势,此时的瓜子产品过氧化值虽然未超过临界值,但脂质解离酸败和氧化酸败的程度同步加深,如酸价等指标呈现突升趋势,其感官指标(色泽、气味、口感)也发生了明显改变,总体品质已加速劣变,影响其食用品质与安全性。

本次实验中用的是铁基脱氧剂,同时采用低透气性的包装材料对产品进行密封,在保质期内可有效抑制贮存过程中的过氧化值和酸价上升,主要原因是包装隔绝了外界的 O_2,而脱氧剂吸收了包装内的 O_2,使得煮制干葵瓜子仁中不饱和脂肪不易与氧气结合[21-22]。因此,延长煮制干葵瓜子产品的货架寿命,既要选择吸氧能力与包装容量匹配的脱氧剂,还要采用高阻氧的复合包装材料,有助于稳定产品品质。另外从实验结果可以看出,40 ℃条件下,添加脱氧剂煮制干葵瓜子产品可有效降低脂质酸败及氧化前期水平,并延后脂质氧化后期速率突升进程;50 ℃条件下,添加脱氧剂煮制干葵瓜子产品可有效降低脂质酸败及氧化初期水平,但难以有效延缓脂质氧化后期突变现象。这可能是由于脱氧剂具有适用温度范围,较高温度时脂质氧化速率会加快,但铁基脱氧剂在吸氧反应过程中为放热反应,速率会受到一定程度抑制[23],导致两组产品贮存后期脂质氧化酸败进程没有显著差别。

3 结　语

常温(20 ℃)条件下,添加脱氧剂的预包装焦糖味煮制干葵瓜子产品理论保质期可达 352 d,未添加脱氧剂同类产品理论保质期为 176 d,相较而言保质期有效延长一倍。因此,降低产品贮存温度,选择透气性低的复合材料,并在包装内添加脱氧剂,可在一定条件下显著延缓品质劣变速率,提高产品贮存期。

结合过氧化值、酸价及感官指标变化趋势,以及品质变化指标数据上来看,酸价在 2.000 mg/g 左右,产品感官气味略有陈味改变,但无不可接受的异常;当过氧化值接近或超过 0.80 g/hg 时,产品才会有明显哈喇及异常滋味,由此可见酸价对煮制干葵瓜子贮存前期感官影响更为敏锐,而过氧化值突变趋势与煮制干葵瓜子贮存后期产品感官劣变趋势更为一致。货架期理论模型在实际应用中仍具有局限性,因此具体应用中要结合感官指标等多种因素进行综合分析。

甘肃省是葵瓜子等多种瓜子原料重要的供货基地。多年以来,发展重心一直处于产业链的前端,而本地炒货加工企业仍处于发展初期,烘炒加工类产品加工设备较为落后,工艺水平不高,相关产品总体品质仍待提高。近来,多种口味煮制烘干葵瓜子层出不穷,其市场前景与日俱增,但相比于烘炒加工瓜子产品,煮制干葵瓜子氧化变质及其货架期问题,因其加工工艺常被弱化和忽视。作为食品品质检测监管机构,为了给予相关企业一定的技术支

持,作者从煮制干葵瓜子产品品质变化和货架期延长等实际情况着手,分析煮制干葵瓜子脂质氧化变质速率,探索添加脱氧剂包装延长保质期效果,以期有效提高此类产品的质量安全性。

今后的研究中,还将进一步聚焦不同品种葵瓜子,分析其脂质成分含量变化情况,并针对烘炒、煮制烘干、炸制及生干籽等不同加工工艺,测定并分析其品质变化趋势,建立动力学模型,选择特定生产技术及包装工艺,以有效地延长相应产品的保质期,提高多种葵瓜子产品的质量安全性。

参考文献:

[1] RAUF S,ORTIZ R,SHEHZAD M,et al. The exploitation of sunflower (*Helianthus annuus* L.) seed and other parts for human nutrition,medicine and the industry[J]. **Helia**,2020,43(73):167-184.
[2] 张海红,王冠群,田洪芸,等. 我国 2016—2019 年炒货食品及坚果制品质量安全状况及风险分析[J]. 食品安全质量检测学报,2020,11(20):7633-7641.
[3] 汪英. 炒货食品氧化霉变的原因及解决措施[J]. 现代食品,2019(13):28-30.
[4] 林灿煌,张灿河,李微. 脱氧包装原理及脱氧剂的研究和发展状况[J]. 食品工业科技,2004,25(5):115-116.
[5] 赵文革,高军龙,陈岳祥. 核桃坚果贮藏期品质变化动力学模型及货架期预测[J]. 食品安全导刊,2018(3):140-144.
[6] 任亚妮,车振明,靳学敏,等. 应用 ASLT 法预测软面包的货架期[J]. 食品研究与开发,2011,32(2):156-158.
[7] KURNIADI M,BINTANG R,KUSUMANINGRUM A,et al. Shelf life prediction of canned fried-rice using accelerated shelf life testing (ASLT) Arrhenius method[J]. **IOP Conference Series:Earth and Environmental Science**,2017,101:1-8.
[8] 谢慧明,赵华锋,杨毅,等. 储藏条件对炒制原香味葵花籽酸败的影响[J]. 食品科学,2007,28(7):515-518.
[9] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 食品安全国家标准 食品中酸价的测定:GB 5009.229—2016[S]. 北京:中国标准出版社,2017.
[10] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 食品安全国家标准 食品中过氧化值的测定:GB 5009.227—2016[S]. 北京:中国标准出版社,2017.
[11] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.坚果炒货食品通则:GB/T 22165—2008[S]. 北京:中国标准出版社,2009.
[12] 余力,贺稚非,李洪军,等. 不同贮藏方式对高压鸡汤品质的影响及货架期预测模型的建立[J]. 食品科学,2016, 37(20):274-281.
[13] FU B,LABUZA T P . Shelf-life prediction:theory and application[J]. **Food Control**,1993,4(3):125-133.
[14] 张利平,谢晶. Arrhenius 方程结合特征指标在蔬菜货架期预测中的应用[J]. 食品与机械,2012,28(5):163-168.
[15] ROBERT S. Understanding and measuring the shelf life of food[M]. Cambridge:Woodhead Publishing Limited,2004.
[16] 赵华锋. 原香味葵瓜子贮存中的酸败机制及控制技术研究[D]. 合肥:合肥工业大学,2007.
[17] SHAHIDI F. Oxidative rancidity in nuts[M]. Cambridge:Woodhead Publishing Limited,2013:198-229.
[18] WARNER K ,FRANKEL E N ,MOUNTS T L. Flavor and oxidative stability of soybean,sunflower and low erucic acid rapeseed oils[J]. **Journal of the American Oil Chemists' Society**,1989,66(4):558-564.
[19] VIEIRA T,REGITANODARCE M. Canola oil thermal oxidation during oven test and microwave heating[J]. **LWT– Food Science and Technology**,2001,34(4):215-221.
[20] CARTIER P. Accelerated shelf-life testing[C]. Pennsylvania:The PMCA Production Conferene,2009.
[21] 王纪辉,耿阳阳,侯娜. 鲜核桃低温贮藏期间的指标响应[J]. 南方农业学报,2019,50(6):1312-1318.
[22] VANHANEN L P,SAVAGE G P. The use of peroxide value as a measure of quality for walnut flour stored at five different temperatures using three different types of packaging[J]. **Food Chemistry**,2005,99(1):64-69.
[23] 王娟. 铁基除氧剂的性能及在食品保鲜包装中的应用[J]. 化学工程与装备,2014(7):163-166.