

UV-365光对不同瓶装大豆油酸价和过氧化值的影响

李万振,马丽娜,孙贺,关忠,于殿宇*
(东北农业大学食品学院,黑龙江哈尔滨 150030)

摘要:将紫外吸收剂UV-326引入PET容器中来减慢油脂氧化,以大豆油的酸值和过氧化值为指标,研究分析了一级大豆油分装在不同瓶体中其过氧化值、酸价随光照温度、光照时间、电流强度变化的基本规律,并对添加0.4%吸收剂UV-326的PET食用油瓶作油脂迁移实验。结果表明:紫外吸收剂UV-326在迁移达到平衡时的迁移量为14.85mg/kg, PET中紫外吸收剂对包装油脂食品风险很小,添加0.4%吸收剂UV-326的PET食用油瓶对紫外光有屏蔽作用,可降低大豆油脂的氧化程度。

关键词:紫外吸收剂UV-326, PET油瓶, 大豆油, 酸价, 过氧化值

Effect of UV-365 light on acid value and peroxide value of soybean oil in different bottle

LI Wan-zhen, MA Li-na, SUN He, GUAN Zhong, YU Dian-Yu*

(College of Food Science and Technology, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: The ultraviolet absorber UV-326 was added into PET container for the purpose of slowing down the oxidation of the soybean oil. Peroxide value, acid value of soybean oil which was packed in PET bottles were studied with variation of temperature, light intensity and exposure time. Furthermore, studied on oil migration assay of PET container with 0.4% absorbent UV-326 was conducted. The results showed that the amount of absorber UV-326 in the migration migration equilibrium was 14.85mg/kg. The risk of UV absorbers in PET for packaging oil was low. Ultraviolet light was shield off by using PET bottles with 0.4% absorbent UV-326 and the degree of oxidation of soybean oil was reduced by using the PET bottles.

Key words: ultraviolet absorber UV-326; PET oil bottle; soybean oil; acid value; peroxide value

中图分类号: TS228

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2014)10-0324-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2014.10.063

食用油脂是日常消费和食品加工中的重要原料,但在油脂储运过程中极易发生氧化,油脂的过氧化可以导致老年化的很多疾病^[1]。为保证在流通过程中的油脂质量和卫生,必须使用包装^[2]。

目前,食品的包装材料需求量越来越大^[3],塑料以其具有透明性,良好的耐光性,几何尺寸稳定等性质,被广泛用于食品及其他产品的包装,其中PET(聚对苯二甲酸乙二醇酯 Polyethylene terephthalate)的应用也越来越受到人们的重视。PET具有良好的耐油、耐热及耐酸、碱等性能,阻隔性好^[4],然而透过空气照射到地面的紫外光线的能量却足以使被包装油脂食品加速腐败变质,缩短保质期,降低其货架寿命^[5]。

紫外吸收剂UV-326热稳定性好、对金属离子不敏感、耐油,具有色浅、无毒或毒性极低^[6],与聚烯烃

相容性好、迁移性小、易于加工等特点。尤其是吸收紫外线的性能强^[7],可有效地吸收波长为270~380nm的紫外光线,而大豆油在紫外光320~400nm波长下更易发生光引发的降解,更易氧化酸败^[8]。油脂酸价和过氧化值是判断油脂酸败程度的主要指标^[9-10],油脂在储存过程中过氧化值的变化已有很多文献报道,而将紫外吸收剂UV-326引入PET容器中研究其抗紫外性能的研究还未见报道,且紫外吸收剂UV-326允许用于接触食品的塑料制品,薄制品中一般用量为0.1%~0.5%,为此,我们用氙灯光源模拟紫外光短期照射不同储存条件下的油样,并探究了添加紫外吸收剂UV-326的PET薄膜的抗紫外性能及对油脂的影响,以期有益于油脂类食品透明塑料包装的设计。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

大豆油 九三牌一级大豆油; PET树脂 苏州浩宇鑫塑化有限公司; 普通油瓶(500mL) 余姚市罗江塑料制品有限公司(生产日期2012年2月13日); 棕色瓶(500mL) 徐州嘉隆玻璃制品有限公司(生产

收稿日期: 2013-09-02 * 通讯联系人

作者简介: 李万振(1988-),男,在读硕士研究生,研究方向:粮食、油脂及植物蛋白。

基金项目: 国家十二五科技支撑计划(2011BAD02B01)。

日期2012年1月4日); 氢氧化钾、乙醚、乙醇、酚酞、三氯甲烷、冰乙酸、淀粉、碘化钾、硫代硫酸钠 分析纯; 紫外线吸收剂UV-326(含量>99%) 南京华立明化工有限公司。

CEL-HXF300/CEL-HXUV300氙灯光源 北京中教金源科技有限公司; 恒温水浴锅 上海申生科技有限公司; 超高效液相色谱仪 带有二极管阵列检测器, 美国Waters公司; 凝胶渗透色谱净化系统 美国J2scientific公司; MilliQ超纯水纯化系统 美国Millipore公司。

1.2 实验方法

PET紫外吸收油瓶的制作: 将PET树脂与紫外线吸收剂同拖螺杆挤出机进行熔融共混。挤出后并造粒得到粒料。注塑前粒料经干燥再注塑瓶胚, 最后拉伸吹胀制得PET紫外吸收油瓶。

将一定量的一级大豆油置于500mL的不同瓶体中并密封, 在恒温水浴锅中加热至设定温度, 然后在在不同温度(5~30℃)、时间条件(0~24h)、电流强度(5~21A)及紫外吸收剂的不同添加量(0.1%~0.5%)下用UV-365波长可见光对油脂进行避光照射。待油脂降温后测定油脂的酸价(mg KOH/g)、过氧化值(mmol/100g)。

1.2.1 实验分组 本实验分为三小组, 分别为普通油瓶、棕色瓶和添加紫外吸收剂的PET油瓶, 其中每组油瓶5个, 每组取出一瓶在相同的温度、时间、电流强度和紫外吸收剂添加量的条件下进行避光照射, 油脂降温后测定油脂的酸价和过氧化值。

1.2.2 光照温度对油脂酸价、过氧化值的影响 确定PET容器中紫外吸收剂添加量为0.4%, 光照时间为24h, UV-365波长紫外光照射的电流强度为17A。设定光照温度为5、10、15、20、25℃。测定大豆油的酸价、过氧化值。

1.2.3 光照时间对油脂酸价、过氧化值的影响 确定PET容器中紫外吸收剂添加量为0.4%, 光照温度为室温20℃, UV-365波长紫外光照射的电流强度为17A。设定光照时间为0、6、12、18、24h。测定油脂的酸价、过氧化值。

1.2.4 电流强度对油脂酸价、过氧化值的影响 确定PET容器中紫外吸收剂添加量为0.4%, 光照温度为室温20℃, 光照时间为24h。设定UV-365波长紫外光照射的电流强度为5、9、13、17、21A。测定大豆油的酸价、过氧化值。

1.2.5 紫外吸收剂添加量对油脂酸价、过氧化值的影响 确定光照温度为室温20℃, 光照时间为24h。设定UV-365波长紫外光照射的电流强度为17A。PET容器中紫外吸收剂添加量分别为0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5%, 测定大豆油的酸价、过氧化值。

1.2.6 指标的测定 油脂酸价测定按GB 5530-85方法测定, 油脂过氧化值测定按GB/T 5538-2005测定。

1.3 迁移实验方法

取单面为50cm PET紫外吸收油瓶, 然后放入具塞锥形瓶中, 准确加150mL的一级大豆油样, 放置于20℃的烘箱中, 在选定的时间(根据迁移平衡的快慢

设定)取摇匀的浸泡液0.5mL。一级大豆油的样液通过GPC净化, UPLC检测^[1]。

2 结果与讨论

2.1 光照温度对油脂酸价、过氧化值的影响

温度是影响油脂氧化的最重要因素^[1]。一般化学反应温度上升10℃反应速度便会增加一倍, 油脂也不例外, 脂肪自动氧化的速度, 随温度升高而加快^[2]。实验结果见图1和图2。

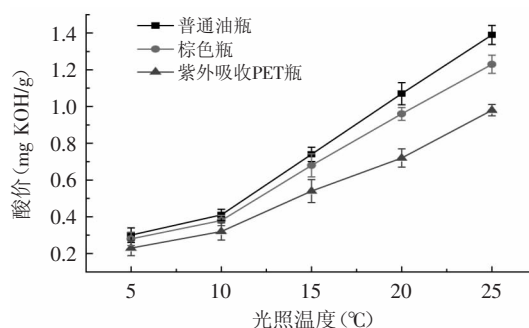


图1 光照温度对油脂酸价的影响

Fig.1 The impact of the light temperature on the acid value of oil

图1表明, 随着光照温度的逐渐升高, 油脂的酸价也逐渐升高, 且温度越高, 油脂的酸价升高的趋势越快, 这是由于光可以加速油脂的氧化, 并催化油脂生成游离脂肪酸^[3]。从图1中三条趋势线可知, 在光照温度20℃(常温)时, 普通油瓶、棕色瓶和紫外吸收油瓶的酸价分别为1.07、0.96、0.72mg KOH/g, 从图1中可以看出, 随着温度的升高, 紫外吸收油瓶的酸价上升的趋势最缓和, 且温度越高, 普通油瓶与紫外吸收油瓶的酸价的差距越明显, 20℃(常温)时紫外吸收油瓶所保存的大豆油的酸价可达三级油, 说明添加吸收剂UV-326的PET食用油瓶对紫外光有屏蔽作用。

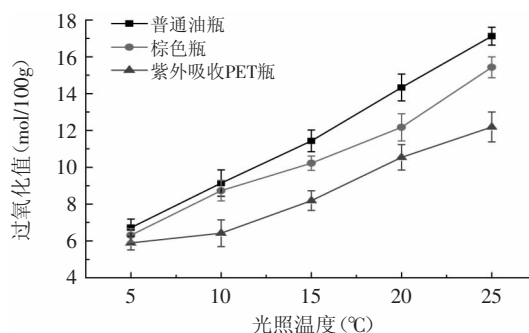


图2 光照温度对油脂过氧化值的影响

Fig.2 The impact of the temperature on the lipid peroxidation value of oil

图2表明, 随着光照温度的逐渐升高, 油脂的过氧化值也逐渐升高, 且温度越高, 油脂的酸价升高的趋势越快; 这是由于温度过高, 不仅大大有利于微生物的繁育, 而且也大大提高了脂解酶的活性, 加速分解, 促使油脂酸败。另外, 温度较高, 脂肪酸氢过氧化物发生分解、聚合等反应, 生成很多复杂的混合物,

这些混合物都不同程度地影响油脂的品质^[14-16]。从图2中可知,在光照温度20℃(常温)时,普通油瓶、棕色瓶和紫外吸收油瓶的过氧化值分别为14.33、12.17、10.54mmol/100g,20℃(常温)时紫外吸收油瓶较普通油瓶过氧化值降低约4mmol/100g,说明添加紫外吸收剂的油瓶对大豆油有明显的保护作用,且效果显著。

2.2 光照时间对油脂酸价、过氧化值的影响

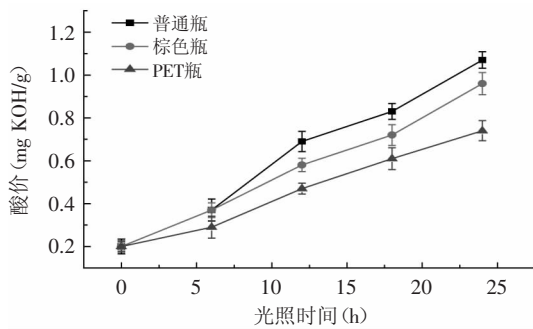


图3 光照时间对油脂酸价的影响

Fig.3 The impact of the light time on the acid value of oil

图3表明,随着光照时间的逐渐升高,油脂的酸价也逐渐升高,且时间越长,油脂的酸价升高的趋势越快,这是由于时间的延长,光积累量逐渐增大,大豆油中的游离脂肪酸生成量增加,导致油脂酸价的增加。并且由于光能量的不同导致酸价升高的不同。从图3中三条趋势线可知,在光照时间24h时,普通油瓶、棕色瓶和紫外吸收油瓶的酸价分别为1.02、0.99、0.78mg KOH/g,此时紫外吸收油瓶的酸价与普通油瓶酸价降低0.24mg KOH/g,随着光照时间的延长,紫外吸收油瓶对光线的吸收较明显,与普通油瓶相比,由添加紫外吸收剂的油瓶包装的油脂其酸价升高的缓慢,说明添加吸收剂UV-326的PET食用油瓶对大豆油有保护作用。

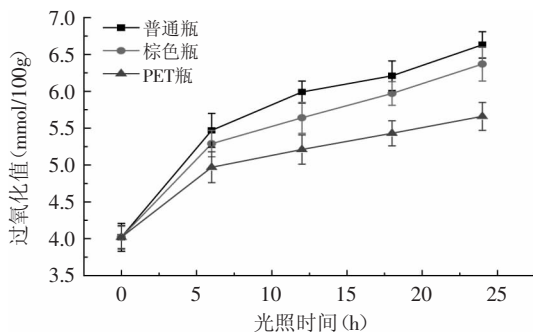


图4 光照时间对油脂过氧化值的影响

Fig.4 The impact of the light time on the lipid peroxidation value of oil

图4表明,随着光照时间的逐渐升高,油脂的过氧化值也逐渐升高,这是由于当大豆油暴露在紫外光下经历不同长度的时间,都很容易发生氧化作用,即使未照射紫外光的铝箔小包装对照样,在90h后各油样过氧化值也有3~5倍的增长^[14]。从图4中三条趋势线

可知,在光照时间一定时,由添加吸收剂UV-326的PET食用油瓶包装的油脂的过氧化值升高程度较缓慢,当光照时间达到24h时,油脂在普通瓶、棕色瓶及添加紫外吸收剂UV-326的PET油瓶三种包装中的过氧化值分别为6.63、6.37、5.66mmol/100g,说明添加吸收剂UV-326的PET食用油瓶对紫外光有屏蔽作用。

2.3 电流强度对油脂酸价、过氧化值的影响

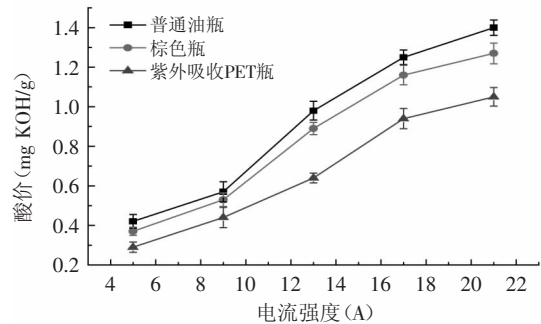


图5 电流强度对油脂酸价的影响

Fig.5 The impact of the light current strength on the acid value of oil

图5表明,随着光照电流强度的逐渐升高,油脂的酸价也逐渐升高,且电流强度越大,油脂的酸价升高的趋势越快,这是因为电流强度的增大,使单位面积的光通量增多^[17],并且UV-365光能量较高,加速了油脂水解反应生成游离脂肪酸。从图5可知,在光照电流强度21A时,普通油瓶包装的油脂的酸价为1.4mg KOH/g,而添加吸收剂UV-326的PET食用油的酸价仅为1.05mg KOH/g,较普通油瓶酸价低0.35mg KOH/g,从三条曲线的升高趋势比较,油脂酸价升高的程度:普通油瓶>棕色瓶>紫外吸收PET瓶,则添加吸收剂UV-326的PET食用油瓶对紫外光有屏蔽作用,且效果显著。

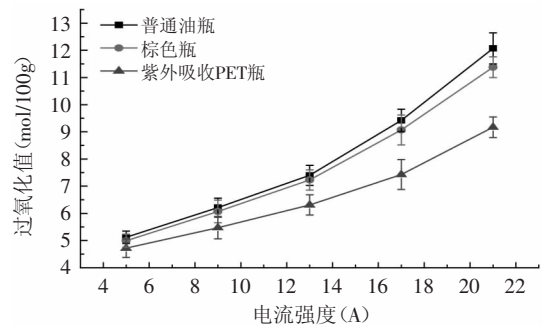


图6 电流强度对油脂过氧化值的影响

Fig.6 The impact of the light current strength on the lipid peroxidation value of oil

图6表明,随着光照电流强度的逐渐升高,油脂的过氧化值也逐渐升高,且电流强度越大,油脂的过氧化值升高的趋势越快,这是由于光线或射线是能量,可以促使油脂产生自由基或促使氢过氧化物分解^[18]。不饱和脂肪酸的共轭双键强烈吸收紫外线后,引发连锁反应,并加速过氧化物的分解。射线能显著

提高自由基的生成速度,增加脂肪酸氧化的敏感性,加重酸败变质^[9]。从图6可以看出,随着电流强度的不断增加,普通油瓶和棕色瓶包装的油脂升高的程度远远高于添加吸收剂UV-326的PET油瓶包装的油脂,普通油瓶和棕色瓶包装油脂在电流强度9A时,过氧化值超过6mmol/100g,超过三级大豆油标准,而此时添加吸收剂UV-326的PET油瓶包装的油脂的过氧化值为5.47mmol/100g,符合食用油的标准,说明添加吸收剂UV-326的PET食用油瓶对紫外光有屏蔽作用。

2.4 紫外吸收剂添加量对油脂酸价、过氧化值的影响

紫外吸收剂用量是影响PET食用油瓶紫外吸收性能的重要的影响因素之一,紫外吸收剂用量过少,达不到很好的抗紫外性能,紫外吸收剂用量过多,会浪费紫外吸收剂,因此确定合适的紫外吸收剂用量对PET食用油瓶紫外吸收性能是至关重要的。

由图7可以看出,随着紫外吸收剂的添加量不断增加,油脂的酸价呈下降的趋势,油脂的过氧化值呈下降的趋势。但是紫外吸收剂用量达到0.4%时,油脂酸价变化很小,此时油脂的酸价达到0.97mg KOH/g,油脂的过氧化值达到5.82mmol/100g,可以达到三级大豆油的标准。考虑到工艺的成本,故根据实验结果,暂选紫外吸收剂添加量为0.4%。

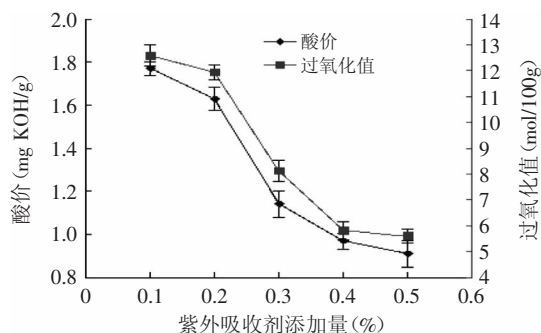


图7 紫外吸收剂添加量对油脂酸价、过氧化值的影响

Fig.7 The impact of the ultraviolet ray absorbent content on the acid value and the lipid peroxidation value of oil

2.5 紫外吸收剂UV-326在一级大豆油中的迁移规律

选用含紫外吸收剂为4%的PET薄膜,考察厚度为0.32mm的样品在20℃下UV-326的迁移规律,结果

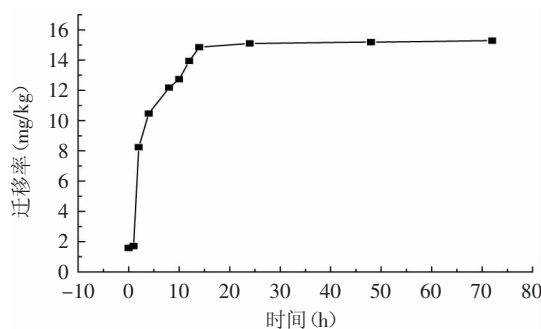


图8 紫外吸收剂添加UV-326在一级大豆油中的迁移规律

Fig.8 The migration of the ultraviolet ray absorbent UV-326 on the first level of soybean oil

见图8。

从图8可以看出,在迁移平衡之前,紫外吸收剂UV-326随浸泡时间的延长,迁移量逐渐增大。HDPE中UV-326一定时间后迁移过程可达到动态平衡,此时紫外吸收剂UV-326的迁移量在14.85mg/kg左右,在20℃迁移的UV-326迁移值(150mL即137.25g一级大豆油中迁移平衡时紫外吸收剂的量)低于欧盟规定的特定迁移限量30mg/kg,说明PET中紫外吸收剂对包装油脂食品风险很小。

3 结论

本实验将一级大豆油存放在普通油瓶、棕色瓶及添加UV-326的PET油瓶包装中,其在光照条件下探究大豆油酸价、过氧化值随光照温度、光照时间、电流强度变化的基本规律。探究表明,PET油瓶中添加紫外吸收剂的最佳量为0.4%,一级大豆油在光照温度为20℃,光照时间为24h,UV-365波长紫外光照射的电流强度为17A的条件下,大豆油的酸价为0.97mg KOH/g、过氧化值达到5.82mmol/100g,而当大豆油的酸值<1.0mg KOH/g,过氧化值<6.0mmol/100g时油脂可以达到三级大豆油的标准,说明此条件下的大豆油符合三级食用油的标准。对含紫外吸收剂为4%的PET油瓶在20℃下迁移实验,发现紫外吸收剂UV-326在迁移达到平衡时的迁移量为14.85mg/kg,说明PET中紫外吸收剂对包装油脂食品风险很小,添加UV-326的PET油瓶对紫外光有屏蔽作用。

参考文献

- [1] 徐芳,卢立新. 油脂氧化机理及含油脂食品抗氧化包装研究进展[J]. 包装工程,2008(6):23-26.
- [2] 向贤伟. 油脂食品的塑料包装研究[J]. 中国包装,2004(2):79-82.
- [3] G Pristouri, A Badeka, M G Kontominas, et al. Effect of packaging material headspace, oxygen and light transmission, temperature and storage time on quality characteristics of extra virgin olive oil[J]. Food Control, 2010, 21(4):412-418.
- [4] 邓斌,刘华,尚刚,等. 食用油抗紫外包装的研究[J]. 包装与食品机械,2012,30(5):1-4.
- [5] 贾兆阳,韩永生. 屏蔽紫外线LDPE透明包装薄膜的光学设计及其在油脂食品包装上的应用[J]. 包装工程,2007(2):7-9.
- [6] 张汉民. 紫外吸收剂能量转移性能研究[J]. 湖北化工, 1993, 7:28-30.
- [7] 著名. 紫外吸收剂UV-326的生产和应用[J]. 塑料助剂,2004(4):17-20.
- [8] 闫杨娟,黄亮,赖芳超. 液态食品包装用PET和PE瓶的迁移研究[J]. 包装工程,2012,33(17):30-33.
- [9] 程建华,杨为民. 油样短期存放条件对过氧化值的影响[J]. 中国油脂,2004,29(2):55-58.
- [10] Soner Kazaz, Sabri Erbas, Hasan Baydar, et al. Cold storage of oil rose(Rose damascena Mill.) flowers[J]. Scientia Horticulturae, 2010, 126(2):284-290.
- [11] 艾连峰,郭春海,葛世辉,等. 食品包装材料HDPE中四种紫外吸收剂的迁移规律研究[J]. 包装工程,2011,32(13):4-7.
- [12] 柳琴. 对食用植物油品质的影响因素分析[J]. 粮食与食品

工业,2006(4):6-7.

- [13] 于殿宇,刘鑫,王琬,等. 固定波UV-VIS光对大豆油品质的影响[J]. 中国粮油学报,2013,28(8):19-23.
- [14] 孙丽琴,孙立君,郑刚. 不同存放条件对油脂酸价和过氧化值的影响[J]. 粮油仓储通讯,2007(2):45-46.
- [15] Mancebo-Campos V, Salvador MD, Fregapane G, et al. Comparative study of virgin olive oil behavior under Ran cim at accelerated oxidation conditions and long-term room temperature storage[J]. J Agric Food Chem,2007,55(20):8231-8236.
- [16] Applewhite TH. 贝雷油脂化学与工艺学(第三册)[M]. 第4版. 北京:轻工业出版社,1991:150-210.

- [17] Nathalie Korbee, Felix L. Figueroa, Jose Aguilera, et al. Effect of light quality on the accumulation of photosynthetic pigments, proteins and mycosporine-like amino acids in the red alga *Porphyra leucosticta* (Bangiales, Rhodophyta)[J]. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, 2005, 80(2): 71-78.
- [18] Shahina Naz, Rahmanullah Siddiqi, Hina Sheikh, et al. Deterioration of olive, corn and soybean oils due to air, light, heat and deep-frying[J]. Food Research International, 2005, 38(2): 127-134.
- [19] 罗炎斌, 胡云辉. 油脂酸败及其控制[J]. 企业技术开发, 2000(7): 28-29.

(上接第315页)

偏差。如鸡蛋新鲜度,蛋黄大小不同等差异。蛋黄在卤制过程中蛋黄的总色差的变化波动比较大,而蛋白总色差变化持续增大。可能的原因是鸡蛋本身存在的差异,在腌制过程中由于蛋白表面直接接触卤料,上色比较明显且均匀,所以总色差变化比较大且很显著。而蛋黄不能直接接触卤料,需通过蛋白不断渗入,因此上色比较慢,且不均匀,使得测量中出现了误差,且由于蛋黄本身的差异,如蛋黄大小等的影响,使得蛋黄总色差变化不显著,呈现出了一定的波动性。

3 结论

3.1 通过感官评分和产品中食盐浓度的测定为指标,得出最佳组合为A₂B₂C₂,即高压卤制时间为10min,食盐浓度4%,腌制24h为最优组合,此种方法得到的卤蛋咸淡适宜,风味可口,劲道爽滑。且在三者中腌制工艺对卤蛋口味影响较大,其次是高压卤制时间,再者是食盐浓度。本文所采用的高压卤制和腌制技术,不仅继承了传统工艺的可取之处,产品具有良好的品质和风味;而且大大缩短了加工周期,提高了加工效率,有利于工厂大批量生产采用。

3.2 通过对卤制过程中蛋白和蛋黄中食盐浓度变化的测定,表明蛋白中食盐浓度的变化显著,而蛋黄中食盐浓度变化不显著。而在腌制过程中,蛋黄和蛋白中食盐浓度均有所上升,在一定时间范围内,蛋白中食盐浓度增加趋于平缓,而蛋黄食盐浓度仍有显著增加。分析表明卤制过程对蛋白的入味起到显著的作用,而腌制过程对蛋黄的入味非常关键。

3.3 在卤制过程中蛋黄的照度有所增加,其总色差也有所变化,但是增加的并无规律,呈现出一定的波动性。蛋白的照度在卤制过程中不断下降。其总色差变化显著。归结其原因可能是由于蛋白直接接触卤汁,上色比较快,变化显著,而蛋黄上色只是间接渗入,且由于其本身存在一定差异,上色不均匀等原因,其色差的测定值出现了一定的偏差。

参考文献

- [1] C H S Ruxton. The nutritional properties and health benefits of eggs[J]. Nutrition & Food Science, 2002(2): 263-279.
- [2] Rita de Cassia S, Sousa Jane S R Coimbra, Edwin E Garcia Rojas, et al. Effect of pH and salt concentration on the solubility

and density of egg yolk and plasma egg yolk[J]. LWT, 2007(40): 1253-1258.

- [3] Vassilios Raikos, Lydia Campbell, Stephen R. Euston. Rheology and texture of hen's egg protein heat-set gels as affected by pH and the addition of sugar and/or salt[J]. Food Hydrocolloids, 2007(21): 237-244.
- [4] Romdhane Karoui, Robert Schoonheydt, Eddy Decuypere, et al. Front face fluorescence spectroscopy as a tool for the assessment of egg freshness during storage at a temperature of 12.2°C and 87% relative humidity[J]. Analytica Chimica Acta, 2007, 587: 83-91.
- [5] Thomas Jaekel, Kirsten Dautel, Waldemar Ternes. Preserving functional properties of hen's egg yolk during freeze-drying[J]. Journal of Food Engineering, 2008, 87: 522-526.
- [6] 张星,赵敏. 香卤鸡蛋新工艺的研究[J]. 肉类工业, 2001(2): 27-29.
- [7] 乔秀红,李青萍,王向东,等. 烤蛋风味物质研究[J]. 中国调味品, 2008(1): 54-57.
- [8] 杨军军. 卤蛋的加工工艺及质量控制[J]. 肉类工业, 2009(8): 20-21.
- [9] 李志成,郑燕,乔秀红,等. 香卤蛋加工工艺研究[J]. 中国调味品, 2008(1): 54-57.
- [10] 陈果忠. 提高高温卤蛋出品率和完好率的工艺研究[J]. 甘肃农业科技, 2010(1): 21-23.
- [11] 余秀芳,杜新武,马美湖. 卤蛋营养成分及风味物质测定与评价[J]. 营养学报, 2012, 34(2): 196-198.
- [12] 马美湖. 禽蛋制品生产技术[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2003.
- [13] 荣建华,张正茂,冯磊,等. 咸蛋盐腌制动力学研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(2): 263-266.
- [14] Margherita Rossi, Ernestina Casiraghi, Laura Primavesi, et al. Functional properties of pasteurised liquid whole egg products as affected by the hygienic quality of the raw eggs[J]. Food Science and Technology, 2010, 43: 436-441.
- [15] 侯大军,李洪军. 方便风味蛋的加工工艺及改善其品质的研究[J]. 食品科学, 2007, 28(12): 176-179.
- [16] Edward M Dzialowski, Wendy L Reed, Paul R Sotherland. Effects of egg size on Double-crested Cormorant (*Phalacrocorax auritus*) egg composition and hatchling phenotype[J]. Comparative Biochemistry and Physiology, 2009, 152: 262-267.