

褐变抑制剂对干制香蕉片护色效果的影响

Effects of different browning inhibitors on color preservation of dried banana slices

毕家钰¹ 代曜伊¹ 郑炯^{1,2}

BI Jia-yu¹ DAI Yao-yi¹ ZHENG Jiong^{1,2}

(1. 西南大学食品科学学院, 重庆 400715; 2. 重庆市特色食品工程技术研究中心, 重庆 400715)

(1. College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. Chongqing Engineering Research Center of Regional Food, Chongqing 400715, China)

摘要: 为了提高香蕉片干制后的颜色品质, 获得最佳护色方法, 以褐变度和 L^* 值为考察指标, 研究植酸、抗坏血酸、氯化钠、EDTA、柠檬酸 5 种褐变抑制剂对干制香蕉片颜色品质影响, 并优选出提高干制香蕉片颜色品质的护色方法。结果表明: 单一护色剂护色效果依次为植酸 > 柠檬酸 > EDTA > 氯化钠 > 抗坏血酸, 将鲜切香蕉片放入植酸 (质量分数为 0.9%) 和柠檬酸 (质量分数为 0.3%) 组成的复合护色液中浸泡 20 min, 干制后的香蕉片 L^* 值达 65.93, 褐变抑制率达 84.4%。

关键词: 香蕉片; 干燥; 褐变; 护色; 品质

Abstract: In order to improve the color quality of dried banana slices and obtain the best color protecting method, the effects of five different colors protecting agents, i.e. phytic acid, ascorbic acid, sodium chloride, EDTA and citric acid, on the color quality of dried banana slices evaluating were studied, by detecting the L^* value and browning degree. The results showed that the order of the effects was phytic acid > citric acid > EDTA > sodium chloride > ascorbic acid. Moreover, it was also found that a better color quality of dried banana slices could be obtained through soaking the slices in the color fixative compound, containing 0.9% phytic acid and 0.3% citric acid, for 20 min, obtaining a 65.93 L^* value and an 84.4% browning inhibition rate.

Keywords: banana slices; drying; browning; color protecting; quality of color

香蕉属于芭蕉科芭蕉属多年生草本植物, 其香甜软糯,

能量高, 富含糖、纤维素、多种维生素以及黄酮类化合物等, 具有润肠通便、降压、降血脂、提高机体免疫力、治疗抑郁等生理功能^[1-3]。目前香蕉加工产品主要有香蕉片^[4]、香蕉罐头^[5]、香蕉果酱^[6]等, 干制香蕉片是市面上最常见的干制果品之一。但是, 香蕉干制过程中, 非常容易发生褐变。研究^[7-8]表明, 造成香蕉片褐变的主要原因是酶促褐变, 香蕉中含有的酚类底物被多酚氧化酶氧化成醌类物质, 通过非酶聚合反应合成黑色素。褐变直接导致香蕉片色泽差, 外观不理想, 影响其商业价值。因此, 香蕉干制过程中护色处理是决定其品质的关键。传统的护色是采用亚硫酸盐类溶液浸泡处理, 但在保藏过程中会产生过量二氧化硫对人类健康造成危害。而采用无硫护色技术不仅可以提高干制果蔬食品品质, 还能保证其食用安全性。目前, 无硫护色技术已应用于苹果片^[9]、山药^[10]、百合干^[11]等干制品的加工过程中, 但对于干制香蕉片无硫护色的研究还鲜有报道。因此, 本研究拟以干制香蕉片为对象, 选用 5 种无硫护色剂进行护色处理, 探讨对香蕉片颜色品质的影响, 并优选出提高干制香蕉片颜色品质的护色方法, 旨在为干制香蕉片的品质控制提供理论参考。

1 材料与amp;方法

1.1 材料与试剂

香蕉: 购于重庆市北碚区永辉超市;

柠檬酸、植酸和抗坏血酸: 食品级, 天富(连云港)食品配料有限公司;

EDTA、氯化钠: 分析纯, 成都市科龙化工试剂厂。

1.2 仪器与设备

电子分析天平: FA2004A 型, 上海精天电子仪器有限公司;

测色仪: UltraScan PRO 型, 美国 HunterLab 公司;

紫外-可见分光光度计: UV-2450 型, 日本岛津公司;

电热恒温鼓风干燥箱: DHG-9240B 型; 上海森信实验仪

基金项目: 重庆市社会事业与民生保障科技创新专项一般项目(编号: cstc2015shmszx80007)

作者简介: 毕家钰, 女, 西南大学在读本科生。

通信作者: 郑炯(1982—), 男, 西南大学副教授, 博士。

E-mail: zhengjiong_swu@126.com

收稿日期: 2016-09-07

器有限公司;

常温离心机:1580型,基因科技上海有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 单一护色剂处理 参考何继文^[12]和黄艳斌^[13]的方法,并稍作改动。鲜切香蕉片分别用一定质量浓度的植酸(0.8%,1.0%,1.2%,1.4%,1.6%)、抗坏血酸(0.8%,1.0%,1.2%,1.4%,1.6%)、氯化钠(0.4%,0.6%,0.8%,1.0%,1.2%)、EDTA-2Na(0.1%,0.2%,0.3%,0.4%,0.5%)、柠檬酸(0.6%,0.8%,1.0%,1.2%,1.4%)护色液浸泡护色处理10,20,30,40 min(预试验发现时间长于40 min后对香蕉片质地影响较大),取出后沥干,放入热风干燥箱中在60℃下干燥3.5 h,干燥至水分含量为(30.00±5.00)%,然后测定香蕉片的L*值和褐变度。

1.3.2 复合护色剂处理 根据单一护色剂处理的结果,筛选出护色效果较好的植酸和柠檬酸进行复配,植酸与柠檬酸的质量配比分别为1:1,1:2,1:3,3:1,2:1。将鲜切香蕉片分别浸入不同质量配比的复合护色液中护色20 min,取出后沥干,放入热风干燥箱中在60℃下干燥3.5 h,干燥至水分含量为(30.00±5.00)%,干燥后测定香蕉片的L*值和褐变度,计算褐变抑制率。

1.4 测定项目与方法

1.4.1 L*值的测定 L*值表示亮度和白度的综合值,该值越大说明被测物越白亮。护色烘干后的香蕉片,使用色差仪在室温条件下进行L*值的测定,重复测定10个香蕉片,取平均值。

1.4.2 褐变度的测定 参考刘俊围等^[14]的方法,将干制香蕉片研磨后取15 g加入25 mL体积分数95%的乙醇,常温放置30 min后,经4 000 r/min离心10 min,用分光光度计在420 nm处测量上清液的吸光值A,以A值来衡量香蕉片褐变度大小。

1.4.3 褐变抑制率 按式(1)计算:

$$R = \frac{A_0 - A_m}{A_0} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

R——褐变抑制率,%;

A₀——对照样品所测褐变度;

A_m——护色处理样品褐变度。

1.5 数据处理

试验结果以均值±标准误差(Mean ± S.E)表示。所有试验均进行3次重复。应用SPSS 18.0统计软件,对数据进行方差分析。使用Origin 8.0进行相关图表的绘制和数据处理。

2 结果与分析

2.1 单一护色剂对香蕉片色泽的影响

2.1.1 植酸对香蕉片色泽的影响 植酸又名肌醇六磷酸酯,是B族维生素中一种可以与多个金属离子螯合并形成稳定化合物的物质,利用其与食品辅酶中的金属离子螯合,抑制酶促反应进行,能起到稳定色泽的作用^[15]。由图1可知,随着护色时间的增加,干制香蕉片亮度值L*逐渐增加,褐变程度逐渐减小;当护色时间在10~30 min时,香蕉片具有较大的L*值,褐变程度较低。当护色时间继续增加至40 min时,护色效果下降,其原因可能是植酸分子中的羟基和磷酸基等活性基团络合能力已达饱和,抑制褐变作用减弱。当植酸浓度为1.2%,护色20 min后干制香蕉片L*值最大,为63.23,同时褐变度也最小,为0.043,在此条件下护色后的干制香蕉片具有较好的颜色品质。

2.1.2 抗坏血酸对香蕉片色泽的影响 抗坏血酸不仅可以改变体系的pH值,影响多酚氧化酶的活性,从而降低酶促褐变率,它还可以把食品中的醌还原为酚类物质,阻止了氧化引起的色泽劣变^[16]。由图2可知,随着护色时间的延长,干制香蕉片的亮度值逐渐降低,褐变程度增加;而抗坏血酸浓度越高,其色泽越差,这可能是抗坏血酸作为一种强还原剂,它比酚类物质更容易被氧化^[17],影响了香蕉片的色泽品质。这一结果与杨金亮^[18]使用抗坏血酸处理荔枝汁的研究结果相似,因此抗坏血酸不适宜用于防止香蕉褐变。

2.1.3 氯化钠对香蕉片色泽的影响 由图3可知,在较低浓度时(0.4%~0.8%),随氯化钠质量分数增大,干制香蕉片的亮度值逐渐升高,褐变度减小;当氯化钠浓度为0.8%,护色处理40 min后L*值最大,为55.1,褐变度随时间的增加而逐渐减小至0.184,但随氯化钠浓度进一步提高,护色10 min后其L*值较起始有所下降,褐变度有所增加。说明低浓度氯化钠对干制香蕉片有一定护色作用,可能是氯化钠溶于水后减少了水中的溶解氧,减少或避免了多酚氧化酶与氧直接接触,同时钠离子与多酚氧化酶中的铜离子竞争导致其活性

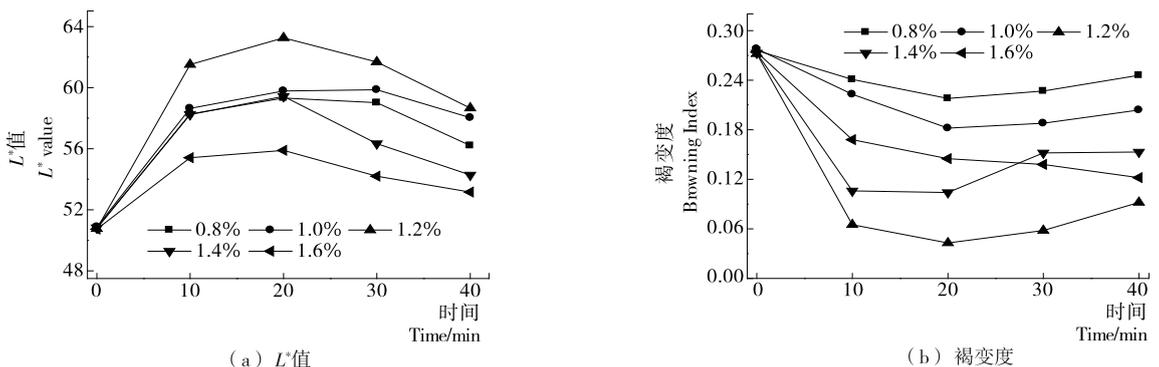


图1 植酸对干制香蕉片亮度和褐变度的影响

Figure 1 Effects of phytic acid on the L* value and browning degree of dried banana slices

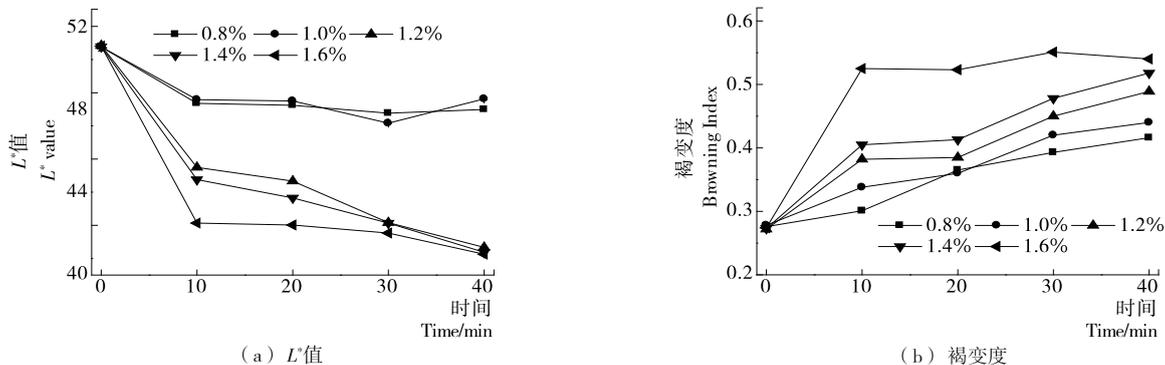


图 2 抗坏血酸对干制香蕉片亮度和褐变度的影响

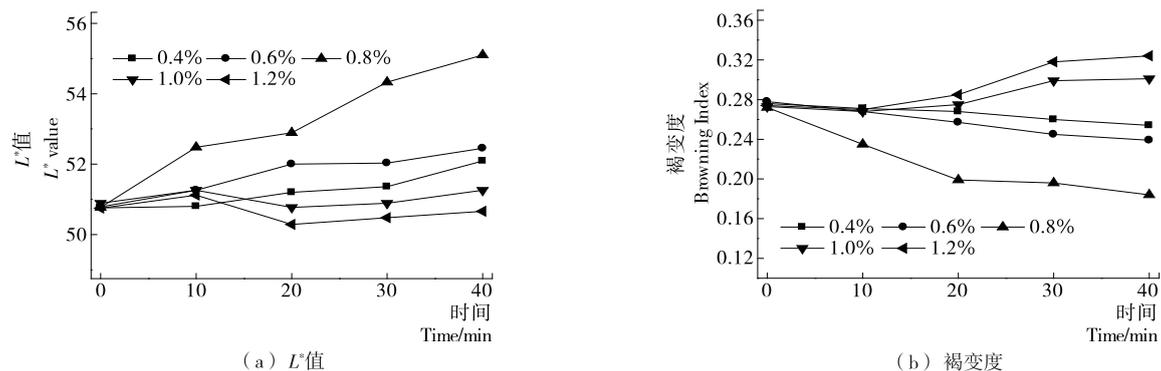
Figure 2 Effects of ascorbic acid on the L^* value and browning degree of dried banana slices

图 3 氯化钠对干制香蕉片亮度和褐变度的影响

Figure 3 Effects of sodium chloride on the L^* value and browning degree of dried banana slices

下降^[19]。而当氯化钠的浓度较大时,溶液具有较高的渗透压,导致组织细胞脱水,破坏了组织结构,林河通等^[20]发现当细胞失水后使定位在液泡的酚类物质与定位在质体及其他细胞器的多酚氧化酶更易接触,造成色泽劣变。

2.1.4 EDTA 对香蕉片色泽的影响 EDTA 是一种能与多种多价金属络合的螯合剂,能抑制金属离子对氧化酶的催化作用,从而起到护色效果。由图 4 可知,当 EDTA 浓度为 0.1%~0.4% 时,样品亮度值较护色处理前有所增加,褐变度有所下降;0.2% 和 0.4% 组在 30 min 时白度达到最大,0.1% 和 0.3% 组在 20 min 时白度达到最大,四组均在 40 min 褐变度降至最低。而 EDTA 浓度为 0.5% 时,初始时具有一定的

护色效果,随时间增加,亮度值 L^* 减小,褐变度增加。综合亮度值 L^* 和褐变度的大小,当护色时间为 40 min,EDTA 浓度为 0.2% 时,样品的 L^* 值为 56.02,褐变度为 0.169,此时的香蕉片护色效果较好。

2.1.5 柠檬酸对香蕉片色泽的影响 柠檬酸是一种广泛应用于食品加工的有机酸,其分子式中的 3 个羧基可以与多酚氧化酶活性中心的铜整合,抑制 OPP 的活性,另外作为酸化剂,可以降低溶液的 pH,破坏酶分子的结构,同时使氧气在酸性溶液中的溶解度降低,起到抗氧化和防褐变的作用^[21]。由图 5 可知,随着护色时间延长,干制香蕉片褐变程度逐渐减小,亮度增加,护色 20 min 时,亮度达到最高,除 1.4% 浓

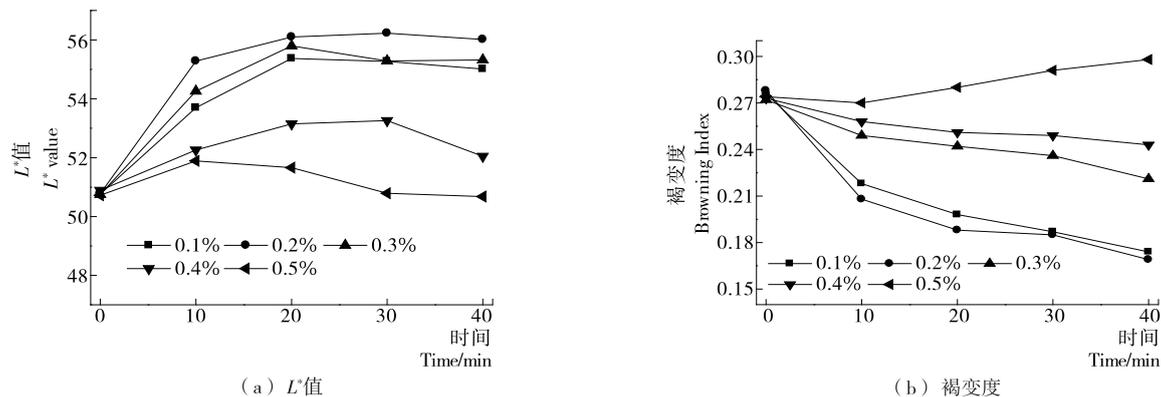
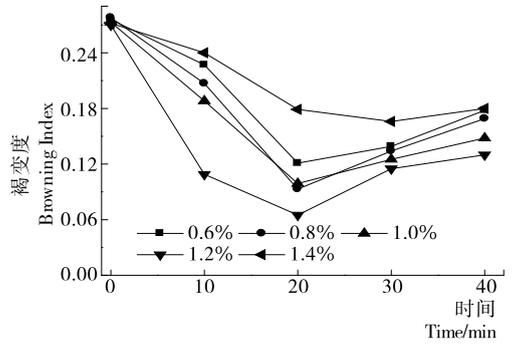
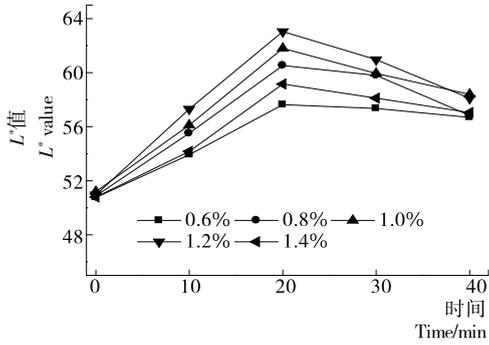


图 4 EDTA 对干制香蕉片亮度和褐变度的影响

Figure 4 Effects of EDTA on the L^* value and browning degree of dried banana slices



(a) L*值 (b) 褐变度

Figure 5 Effects of citric acid on the L* value and browning degree of dried banana slices

度组外,其余各组在 20 min 时褐变度达到最低,20 min 后,柠檬酸的护色效果有所下降,这也可能是较低的 pH 环境对香蕉细胞造成伤害所致。当柠檬酸浓度为 1.2%,护色时间为 20 min 时,香蕉片的亮度为 63.05,褐变度为 0.065,具有较好的感官品质,护色效果较好。这一结果与李胤楠等^[22]使用柠檬酸处理鲜切香蕉研究结果一致。

2.2 复合护色剂筛选

综合单一护色剂对干制香蕉片亮度和褐变度的影响结果,护色效果依次为:植酸(1.2%)>柠檬酸(1.2%)>EDTA(0.2%)>氯化钠(0.8%)>抗坏血酸。其中,抗坏血酸使干制香蕉片色泽劣变,因此不适宜作为香蕉片的护色剂。鲜切香蕉片分别经 1.2% 的植酸和柠檬酸浸泡 20 min 的护色效果最好,因此优选出 1.2% 的植酸和柠檬酸组合成为复合护色剂,以 20 min 作为护色时间,进一步研究二者在不同质量配比下的复合护色效果。

由图 6 可知,植酸与柠檬酸在不同质量配比下的复合护色效果差异明显。干制香蕉片的亮度值 L* 和褐变抑制率随着复合护色液中柠檬酸比例的升高呈先上升后下降趋势;提高植酸比例后,当植酸与柠檬酸的配比为 3:1 时(即浓度为 0.9% 和 0.3%),香蕉片的亮度值最大,达到 65.93,褐变抑制率达到 84.4%;降低植酸比例后,护色效果有所下降。未使用护色剂时,香蕉片的 L* 值为 50.76,使用复合护色剂之后亮度值最高提升了 15.17%;使用复合护色剂与单一使用植酸和柠檬酸两种护色剂相比使干制香蕉片的亮度值分别提高了 4.34% 和 4.57%,协同增效的护色效果进一步提升了干制香蕉片的颜色品质。

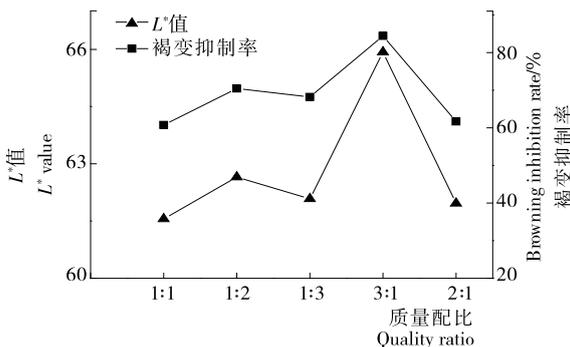


Figure 6 Effects of compound color fixative on the L* value and browning inhibition rate of dried banana slices

3 结论

本试验使用植酸、柠檬酸、EDTA、氯化钠和抗坏血酸 5 种无硫护色剂,研究了干制香蕉片颜色品质的影响。得出了最佳的护色工艺:将鲜切香蕉片浸泡在以植酸(质量分数为 0.9%)和柠檬酸(质量分数为 0.3%)组成的复合护色液中护色 20 min,在此条件下 L* 值达 65.93,褐变抑制率达 84.4%,表明在香蕉片干制过程中使用无硫护色剂可以达到与传统护色剂相似的效果。本试验可为干制香蕉片的无硫护色技术提供数据支撑和试验依据,但关于褐变抑制剂对香蕉片营养成分和质构特性等品质的影响还需进一步研究。

参考文献

- [1] 夏雨,徐勇,李燕杰,等.中把大蕉淀粉的稳定性及酶解动力学[J].食品科学,2010,31(9):74-79.
- [2] JAISWAL P, JHA S N, KAUR P, et al. Prediction of textural attributes using color values of banana (*Musa sapientum*) during ripening[J]. Journal of Food Science & Technology, 2014, 51(6): 1179-1184.
- [3] 沈建林,沈红元.香蕉多糖的抗菌活性研究[J].食品研究与开发,2015,36(18):69-71.
- [4] 章斌,侯小桢.热风与微波联合干燥香蕉片的工艺研究[J].食品与机械,2010,26(2):97-99.
- [5] 于楠楠.一种香蕉罐头的加工方法:中国,CN 103120285 A [P].2013-05-29.
- [6] WEI Ping, YOU Xiang-rong, ZHANG Ya-yuan, et al. Effect of different sterilization ways on quality of low-sugar banana jam[J]. Science and Technology of Food Industry, 2015, 36(7): 97-100.
- [7] ROSA L A D L, ALVAREZ-PARRILLA E, MOYERS-MONTOYA E, et al. Mechanism for the inhibition of apple juice enzymatic browning by Palo Fierro (desert ironweed) honey extract and other natural compounds[J]. LWT - Food Science and Technology, 2011, 44(1): 269-276.
- [8] 兰欣,汪东风,徐莹,等.食品中酚类成分及其与其它成分相互作用研究进展[J].食品与机械,2012,28(3):250-254.
- [9] LIU Shu-xing, WANG Le. Characteristics of polyphenol oxidase in apple and non-sulfur prevention of discoloration in dried apple slice processing[J]. Science & Technology of Food Industry, 2011, 32(3): 334-336.

(下转第 235 页)

本没有,从而导致刑事被害人往往得不到任何补偿,严重影响刑法保证社会公正和稳定价值的实现。如2008年三聚氰胺毒奶粉事件中,不少被害人不仅没有得到足够的补偿,甚至还出现被害人维权被判刑的极端情况,严重违背了刑法保护人民合法权益的初衷。因此,考虑到刑事被害人产生的侵权之债的特殊性,有必要将刑事被害人的清偿顺序提升到仅次于破产费用的优先位置,以尽可能保证其得到尽可能的赔偿。另外,在具体的刑法规制操作过程中,应当将食品安全犯罪的死刑的宣判和执行同犯罪分子对被害人的补偿直接挂钩。对于能够对被害人进行充分补偿并得到被害人谅解的犯罪分子,可以在具体罪名中直接将其规定为酌情减轻或从轻情节,免除或暂缓其死刑的执行。

3.3 坚持刑法的谦抑性原则 防止刑法规制的滥用

风险社会语境下,必须扩大刑法的调整范围,克服传统以消极预防为主的刑法规制模式存在的难以有效保证食品安全的缺陷。然而,这种直接深入到食品生产经营具体环节的积极刑事规制模式并不意味着食品刑法规制范围的无限扩张。从刑法谦抑性原则的角度,由于刑法规制的残酷性和造成损害的不可弥补行等多方面问题的存在,刑法规制的无限制扩张必然导致社会整体利益的损害,刑法规制只有在其他调整方式难以达成保护社会整体利益目的实现的情况下才能出现。因此,对食品安全犯罪的刑法规制也必须遵循这一原则,按照中国《食品安全法》及相关法律的规定,只有相应的违法行为在行政处罚不足以对其进行有效调整,已经触犯刑法食品安全犯罪的相关规定的前提下,才能对其实行相应的刑法规制。

具体来讲,虽然在转型后的积极预防为主的食品安全刑法规制中,刑法规制应当扩张到涉及食品安全的所有生产经营环节,但仍然必须坚持刑法谦抑性原则,只对这些环节中违法程度非常严重,不启用刑法规制不足以对其进行有效控制的犯罪行为,才将其纳入相应的罪名之中。

4 结论

风险社会是现代科技推动下的工业化深入的必然结果,而食品安全问题则是风险社会在食品领域的典型表现。由于风险社会下的食品安全问题所具有的高科技性、普遍性、高危害性和持续性的特征,必然造成当前以消极预防为主的刑法规制不能有效应对现代食品安全问题带来的挑战,从而必须采取有效的改革措施促成食品安全刑法规制的转型。然而,由于风险社会下食品安全刑法规制的转型涉及到整个刑法体系从立法目的和价值,以及具体操作规范等诸多方面的具体转变,限于篇幅,本文主要从抽象的改革原则的角度对其转型进行简单的描述,必然在具体刑法规范的修订以及与刑法规制相关的其他法律的修改方面存在根本性的欠缺,因此尚存在很大的不足和需要进一步深入研究的诸多方面。

参考文献

- [1] 陈旭玲,刘京.评哈贝马斯的“交往异化论”[J].求索,2002(5):115-118.
- [2] 劳东燕.公共政策与风险社会的刑法[J].中国社会科学,2007(3):126-139.
- [3] 齐文远.社会风险与刑法规制:“风险刑法”理论之反思——刑法应对社会风险之有所为与有所不为[J].法商研究,2011(4):3-6.
- [4] 劳东燕.风险社会与变动中的刑法理论[J].中外法学,2014,26(1):70-102.
- [5] 霍聪聪.论我国食品安全犯罪的刑法规制——以风险社会理论为切入点[D].重庆:重庆大学,2015:2-9.
- [6] 刘伟.风险社会语境下我国危害食品安全犯罪刑事立法的转型[J].中国刑事法杂志,2011(11):29-35.
- [7] 隋洪明.风险社会背景下食品安全综合规制法律制度研究[D].重庆:西南政法大学,2014:3-8.
- [8] 陈君.风险社会下公害犯罪之抽象危险犯[J].北京理工大学学报:社会科学版,2014,16(3):120-124.
- [9] 高愿军,吴炜炜,孟楠,等.护色剂对鲜切莴笋褐变的影响[J].食品与机械,2010,26(4):46-48.
- [10] ZHANG Zhong, FENG Li-jiao. Study on anti-browning technology and reagents without sulfite of fresh-cut chinese yam [J]. Packaging & Food Machinery, 2015, 33(6): 12-16.
- [11] 李霞,李永才,毕阳,等.响应面法优化兰州百合干无硫护色剂配方[J].食品科学,2014,35(4):16-20.
- [12] 何继文,程力,洪雁,等.甘薯全粉加工中无硫复合护色工艺优化[J].农业工程学报,2013,29(9):275-284.
- [13] HUANG Yan-bin, LI Xing-qi, ZHANG Xun, et al. Optimization of non-sulfur color-preservation formulation in the process of the fresh yam slices dried[J]. Science & Technology of Food Industry, 2014, 35(12): 324-329.
- [14] 刘俊围,王维民,湛素华,等.速冻香蕉护色剂的研究[J].食品与发酵工业,2015,41(2):129-134.
- [15] LEE H H, LOH S P, BONG C F, et al. Impact of phytic acid on nutrient bioaccessibility and antioxidant properties of de-husked rice[J]. Journal of Food Science & Technology, 2015, 52(12): 7 806-7 816.
- [16] OMIDIJI O, OKPUZOR J. Time course of PPO-related browning of yams[J]. Journal of the Science of Food & Agriculture, 1996, 70(2): 190-196.
- [17] 杨金亮.不同添加剂结合超声波对荔枝汁褐变的抑制作用研究[J].食品工业,2013,34(4):51-54.
- [18] KIRK W W, DA R A, HOLLOS Y S I, et al. Effect of soil salinity on internal browning of potato tuber tissue in two soil types[J]. American Journal of Potato Research, 2006, 83(3): 223-232.
- [19] 林河通,陈莲,孔祥佳,等.包装对龙眼果实贮藏期间果皮失水褐变和细胞超微结构的影响[J].农业工程学报,2007,23(12):237-241.
- [20] 常大伟,魏送送,刘树兴,等.抑制剂对梨浊汁酶促褐变的控制研究[J].食品与机械,2016,32(2):106-110.
- [21] 李胤楠,刘程惠,胡文忠,等.柠檬酸处理抑制鲜切香蕉褐变的研究[J].食品工业科技,2013,34(16):304-307.

(上接第197页)