

海藻酸钠涂膜及⁶⁰Co-γ辐照处理 对小枣的保鲜作用

杨伟¹,徐莹¹,樊燕¹,汪东风^{1*},孙寿魁²

(1.中国海洋大学食品科学与工程学院,山东青岛 266003;

2.山东省乐陵市金丝小枣生产经营管理办公室,山东乐陵 253614)

摘要:以全红期的山东省乐陵小枣为实验材料,分别进行⁶⁰Co-γ辐照处理、海藻酸钠涂膜处理及二者结合处理后,与对照组同时于(2±0.5)℃冷库贮藏,并对低温贮藏过程中枣的失重率、总糖、还原糖、V_C、可滴定酸含量及糖酸比的变化进行测定。结果表明:涂膜、辐照、涂膜+辐照处理均能有效减少水分散失,延缓V_C和可滴定酸的下降,抑制糖酸比的上升,涂膜+辐照处理能保持较高的总糖、还原糖含量。其中,⁶⁰Co-γ辐照+海藻酸钠涂膜处理于(2±0.5)℃冷库贮藏保鲜效果显著优于其他实验处理组,有助于提高乐陵小枣采后的低温贮藏品质。

关键词:乐陵小枣,⁶⁰Co-γ辐照,海藻酸钠,涂膜,保鲜

Effect of sodium alginate coating and ⁶⁰Co-γ irradiation treatment on fresh-keeping of golden silk jujube

YANG Wei¹, XU Ying¹, FAN Yan¹, WANG Dong-feng^{1*}, SUN Shou-kui²

(1.College of Food Science and Engineering, Ocean University of China, Qingdao 266003, China;

2.Office of Golden Silk Jujube Production and Operation Management, Leling 253614, China)

Abstract: Using golden silk jujube at full-red storage as materials, the effects of different preservation treatments (⁶⁰Co-γ irradiation, coating with sodium alginate, and ⁶⁰Co-γ irradiation+coating with sodium alginate, respectively) on the post-harvest fruit quality during cold storage were investigated, and the weight loss rate, total sugar content, reducing sugar content, V_C content, and ratio of sugar to acid were determined. The results indicated that ⁶⁰Co-γ irradiation, coating with sodium alginate and ⁶⁰Co-γ irradiation+coating with sodium alginate all had an obvious fresh-keeping effect. The result showed that the three treatments reduced water loss, delayed the decrease of V_C and titratable acid content, and the increase of sugar to acid ratio, and ⁶⁰Co-γ irradiation+coating with sodium alginate maintained a relatively high content of total sugar and reducing sugar. Especially, the preservative effect of the ⁶⁰Co-γ irradiation+coating with sodium alginate treatment was obviously superior to the control group, ⁶⁰Co-γ irradiation or coating with sodium alginate alone, which could obviously improve the quality of post-harvest cold storage of golden silk jujube.

Key words: golden silk jujube; ⁶⁰Co-γ irradiation; sodium alginate; coating; fresh-keeping

中图分类号: TS255.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2012)03-0343-05

乐陵小枣,亦称金丝小枣,主产于河北、山东交界地带,是我国栽培面积和产量最大的枣品种。乐陵小枣具有丰富的营养价值和药用价值,具有滋补身体和辅助治疗脾胃虚弱、消化不良、肺虚咳嗽、贫血等病症的功能,有着广阔的市场前景^[1]。但由于其本身的生理学特性,鲜枣很难贮藏,采后在自然状态下仅有几天的鲜脆状态,果肉会很快软化褐变,V_C几乎全部被氧化。传统的贮藏方法主要是晾晒干枣和制

作加工品。采收季节过后,市场上几乎见不到新鲜的脆枣,枣的贮藏保鲜成为枣产业发展的瓶颈。辐射保鲜是一种物理保鲜方法,与其它保鲜方法相比,它节约能源且不改变所处理材料的品质和外形;没有任何残留毒物,对环境不造成污染;处理时间短,可以不开包装直接进行杀虫杀菌;操作工艺简单,易于管理^[2]。近几年,人们发现海洋多糖不仅来源丰富而且可食用,同时,海洋多糖具有成膜性好、透气性好等特点,能在水果表面形成一层薄的半透膜,调节水分蒸发,防止表皮损伤、降低采后腐烂率;形成自发性气调作用,调节氧气和二氧化碳比例;调节果实采后生理代谢,可有效地延长果实的保鲜期^[3-6],用它进

收稿日期:2011-03-09 * 通讯联系人

作者简介:杨伟(1986-),女,在读硕士,研究方向:食品生物化学。

基金项目:海洋公益性行业科研专项经费项目(201005020-6)。

行涂膜保鲜,工艺简单、成本低廉、安全环保。目前未见应用海洋多糖涂膜+辐照联合处理保鲜乐陵小枣的报道。本研究将低温、辐照及涂膜处理三者相结合,比较这三种保鲜方法对乐陵小枣的工厂化应用的保鲜效果,以期为乐陵小枣的保鲜提供更为简便、安全、高效的方法。

1 材料与方 法

1.1 材料与仪器

乐陵小枣 采自德州乐陵枣园,采摘2d后进行实验;海藻酸钠 食品级,粘度800,购自山东青岛明月集团。

$^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线辐照装置 乐陵枣厂提供;UV-2102PC型紫外分光光度计 上海尤尼柯仪器有限公司;90-3磁力搅拌器 上海振荣科学仪器有限公司。

1.2 海藻酸钠可食膜的制备

用海藻酸钠、甘油、吐温-80配制1%的海藻酸钠涂膜液,超声脱气30min后备用^[7]。

1.3 保鲜处理

挑选处于全红期、无病、无虫、无伤、大小基本一致的小枣,随机分为4组,每组5kg,各组处理为:低温对照组:(2 ± 0.5)℃冷库贮藏,无任何处理;低温+ $^{60}\text{Co}-\gamma$ 辐照处理组:用 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线辐照装置进行处理,剂量为5kGy,辐照时间为9h,辐照处理完后置于(2 ± 0.5)℃冷库贮藏;低温+涂膜处理组:将枣浸入1%膜液中约30s,取出自然晾干,然后用钙盐交联处理,晾干,然后置于(2 ± 0.5)℃冷库贮藏;低温+ $^{60}\text{Co}-\gamma$ 涂膜+辐照处理组:将枣浸入1%膜液中约30s,取出自然晾干,然后在常温下用钙盐交联处理1min,晾干,用 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线辐照装置进行处理,剂量为5kGy,辐照时间为9h,然后置于(2 ± 0.5)℃冷库贮藏。定期取样测定各处理组相关保鲜指标。

1.4 果实保鲜指标分析方法

1.4.1 失重率 采用称重法。

$$\text{失重率}(\%) = \frac{(\text{贮前果实重量} - \text{测定时果实重量})}{\text{贮前果实重量}} \times 100\%$$

×100%

1.4.2 总糖含量 采用苯酚-硫酸法^[8]。

1.4.3 还原糖含量 采用DNS法^[9]。

1.4.4 可滴定酸含量 采用标准NaOH滴定法^[10]。

1.4.5 V_c 含量 采用2,6-二氯酚靛酚滴定法^[9]。

1.4.6 糖酸比

$$\text{糖酸比}(\%) = \frac{\text{总糖含量}}{\text{可滴定酸含量}} \times 100\%$$

1.5 统计分析方法

每个实验重复三次,并计算平均值及相对偏差,结果采用 $N\pm SD$ 表示。然后采用SPSS(V18)软件进行数据统计学分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对乐陵小枣失重率的影响

失重率是枣果贮藏过程中影响果实品质的重要因素之一。呼吸作用和蒸腾作用会导致其失水失重,枣组织饱满状态消失,呈现萎蔫、疲软的状态,影响其生理代谢和外观品质,直接降低果实品质^[11]。由图1

可知,枣在贮藏过程中各处理组的失重率不断升高,辐照组、涂膜组、涂膜+辐照组失重率均低于对照组($P<0.05$),其中涂膜+辐照组的失重率最低。贮藏80d时,对照组的失重率达到了28.3%,而辐照组、涂膜组、涂膜+辐照组失重率分别为23.3%、23.0%和20.3%,其中涂膜+辐照组的失重率最低,比对照组降低了8.0%。实验结束时,涂膜+辐照的小枣表皮并未出现明显皱缩,从感官上可以接受。由分析可知,辐照、涂膜和涂膜+辐照处理都能减少失重,海藻酸钠涂膜可以在新鲜果实表面形成一个保护屏障,在一定程度上堵塞了皮孔,减少了水分蒸发^[5],而 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 辐照处理能抑制脂氧合酶、过氧化氢酶和超氧化物歧化酶等的酶活^[12],在一定程度上抑制呼吸作用,从而降低失重率^[13],正是由于涂膜和辐照对减少水分散失的协同作用,涂膜+辐照处理对于减少水分损失、避免果实萎缩具有显著效果。

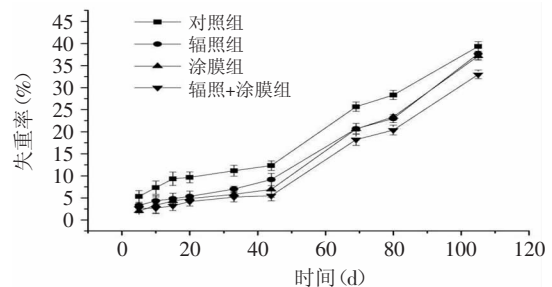


图1 不同处理对枣失重率的影响

Fig.1 Effect of different treatments on weight loss rate of golden silk jujube

2.2 不同处理对乐陵小枣总糖含量的影响

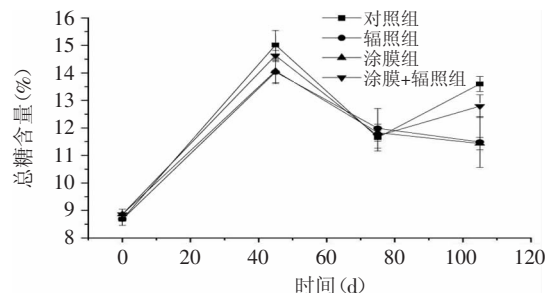


图2 不同处理对枣总糖含量的影响

Fig.2 Effect of different treatments on total sugar content of golden silk jujube

总糖的含量及变化是反映果实品质的重要指标。从图2可以看出,各处理组总糖的变化趋势为先升后降再升的趋势,这可能是因为在贮藏前期(0~45d),枣果实未达到完熟,枣果中的淀粉、纤维素、果胶等在淀粉酶、纤维素酶、果胶酶等的作用下分解为可溶性糖,故糖分的积累要大于呼吸作用的消耗^[14],呈现出糖含量增大的趋势;到贮藏中期(45~75d),呼吸速率增大,作为果蔬的呼吸底物的可溶性糖被大量消耗,消耗大于积累,糖含量在贮藏过程中趋于下降;到贮藏后期(75~105d),对照组可能由于失重的原因,糖含量又呈现上升的趋势。在贮藏前期,涂膜组、辐照组、涂膜+辐照组总糖含量均低于对照组,可能三

种处理方法抑制了淀粉酶、纤维素酶、果胶酶等相关酶的活性,延缓了枣果实的后熟衰老;在贮藏中期,对照组的总糖含量低于其他三个处理组,这可能是因为三种处理对枣果的呼吸作用有抑制作用,在贮藏后期,三个处理组的总糖变化比较平缓,明显低于对照组。三种处理均能延缓总糖的变化,达到一定的保鲜目的。

2.3 不同处理对乐陵小枣还原糖含量的影响

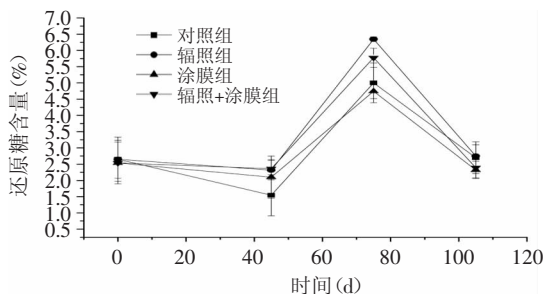


图3 不同处理对枣还原糖含量的影响

Fig.3 Effect of different treatments on reducing sugar content of golden silk jujube

枣中的还原糖的含量影响着果实的品质和口感。还原糖不仅能反映植物组织中含糖的多少,还与植物组织细胞的持水能力有关。还原糖含量高,可以提高细胞的渗透压,防止水分渗透到细胞壁以外,因而保水能力强,这对于防止水分损失和保持水果商品性状具有重要的作用^[14]。由图3可知,在贮藏期间,枣果还原糖的变化趋势为先降后升再降。贮藏前期,由于呼吸作用的损耗速率大于多糖的分解速率,还原糖含量呈下降趋势,三个处理组还原糖含量均高于对照组,说明三种处理均延缓了还原糖含量的下降,抑制了呼吸作用,起到了保鲜作用;贮藏中期,由于多糖的分解速率高于呼吸作用的消耗速率,还原糖含量呈上升趋势;贮藏后期,由于呼吸作用的消耗量增大而呈现下降趋势。总体来看,辐照组和涂膜+辐照组的还原糖含量要高于涂膜组和对照组,这可能是由于辐照加快了多糖分解为还原糖的速率,但涂膜组的还原糖含量低于对照组,这可能是因为涂膜处理减缓大分子物质向还原糖的转化速率,使还原糖含量升高较平缓^[15]。

2.4 不同处理对乐陵小枣可滴定酸含量的影响

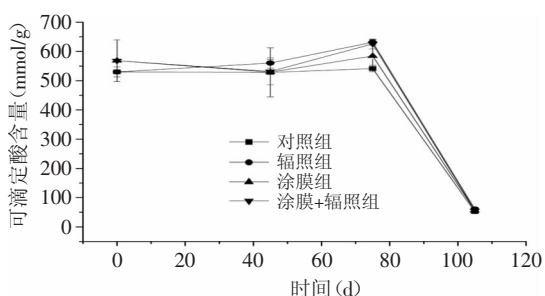


图4 不同处理对枣可滴定酸含量的影响

Fig.4 Effect of different treatments on titratable acid content of golden silk jujube

可滴定酸是呼吸过程中的第一消耗物质,可滴

定酸含量与果实的风味直接相关。果实体内的酸味是由各种有机酸构成的,在贮藏过程中,有机酸作为呼吸代谢的底物而被不断地消耗掉,使得果实风味变淡^[4]。由图4可知,在贮藏过程中,乐陵小枣各处理组的可滴定酸含量在0~75d变化不大,75d后急剧下降。前期可滴定酸含量有所上升,可能是枣果还未完全成熟,在后熟的过程中增加了酸的含量,贮藏75d时,辐照组、涂膜+辐照组的可滴定酸含量与对照组有显著性差异($P < 0.05$),但之后总体呈下降趋势。在贮藏期间,涂膜组、辐照组、涂膜+辐照组的可滴定酸含量均高于对照组,说明三种处理对枣贮藏期间可滴定酸含量下降有一定的抑制作用,可能是由于三种处理对呼吸作用有一定的抑制作用^[4],从而保持较高的可滴定酸含量,保持枣果良好的风味。

2.5 不同处理对乐陵小枣V_C含量的影响

鲜枣V_C的损失率是衡量贮藏效果好坏的重要指标之一。如图5所示,随着贮藏时间的延长,各处理组枣中V_C含量均呈下降趋势,并且在前45d下降最快,可能此时抗坏血酸氧化酶的活力较高,涂膜+辐照组V_C含量与其他三组有显著性差异($P < 0.05$),辐照组、涂膜组、涂膜+辐照组的V_C含量始终高于对照组,并且涂膜+辐照处理组的V_C含量最高,可能是由于涂膜后可以在果实表面形成一层半透膜,阻止果实内外气体交换,由于果实本身的呼吸作用而造成果实处于高CO₂低O₂的条件,适当高浓度的CO₂和低浓度的O₂可抑制果实的呼吸作用,减少还原型V_C被氧化的机会,起到稳定V_C的作用^[16],同时辐照处理抑制了抗坏血酸氧化酶的活力,说明辐照+涂膜处理优于涂膜或辐照单独处理,可以更大程度地减少V_C的损失。

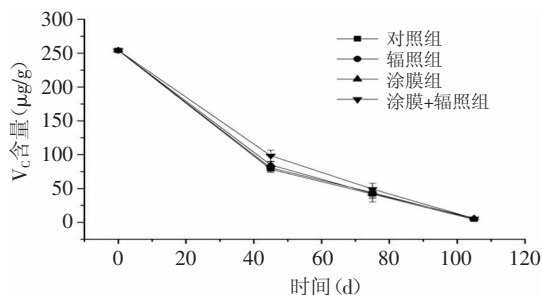


图5 不同处理对枣V_C含量的影响

Fig.5 Effect of different treatments on V_C content of golden silk jujube

2.6 不同处理对乐陵小枣糖酸比的影响

水果的口感主要取决于糖酸比,因此糖酸比直接影响着枣的口感风味。随着贮藏时间的延长,糖酸比增大,超出适宜范围,品质开始劣变。由图6可知,在贮藏前期,三个处理组的糖酸比要高于对照组,保持较好的口味,涂膜+辐照处理组与对照组之间有显著性差异($P < 0.05$),到75d时,三个处理组变化平缓,而对照组的糖酸比高于其他三个处理组,表明品质开始劣变,总糖含量升高,酸含量显著降低,到105d时,糖酸比已经达到很高的水平。乐陵小枣中的酸含量较低,到贮藏后期酸含量急剧减少,而总糖含量上升,糖酸比的增大主要是总糖含量增加和可滴定酸

含量降低的综合作用,本实验的枣为全红期采摘,在贮藏过程中总糖含量增加和可滴定酸含量降低是后熟的表现,后熟过快品质劣变就越快^[17]。与对照组相比,三个处理组的糖酸比变化相对平缓,有利于保持枣的良好口味。

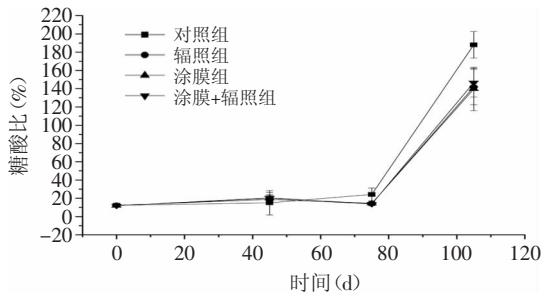


图6 不同处理对枣糖酸比的影响

Fig.6 Effect of different treatments on ratio of sugar to acid of golden silk jujube

3 讨论

枣采后保鲜期极短,常温下5~7d即丧失其鲜嫩状态,出现严重失水皱缩,果肉组织发生酒软、腐烂,而且外观、口感、风味都已大为逊色。海藻酸钠涂膜可以在新鲜果实表面形成一个保护屏障,在一定程度上堵塞了皮孔,减少了水分蒸发,抑制气体交换,减少营养物质的流失,阻止了细菌和霉菌等好气性菌的侵染,有效地防止了果实的霉变,对枣果起到了较好的保鲜效果。在本研究中,海藻酸钠涂膜处理显著降低了失重率,延缓了 V_C 、可滴定酸的下降及糖酸比的上升,保持了较高的总糖和还原糖含量,提高了枣的感官可接受度。这一结果与其他研究者对台湾大青枣^[3]、葡萄^[18]、苹果^[19]等的研究报告相一致。另外,低温保藏的果实在出库时由于温差较大,表面会出现冷凝水,未交联的海藻酸钠膜溶于水,表面吸水会变粘,影响感官及贮藏品质,为了解决该问题,本研究中将海藻酸钠进行交联处理,交联后的海藻酸钠膜不溶于水,保鲜效果比未交联海藻酸钠膜好。

辐照处理食品主要是利用原子能射线的能量对食品进行杀菌、抑制酶活、抑制发芽、延缓成熟等,使其在一定时间内不腐败变质、延长保质期。在辐照处理中,食品内部不会升温,也不会引起色、香、味等方面的变化,这是一种冷处理方法,能最大限度地保存食品原有的品质和风味。动物学喂养研究、放射生物学和食品化学方面的基础结果均证实,10kGy以下剂量辐照过的食品,对于人类的消费是安全的^[20]。总糖、可滴定酸、 V_C 是枣的最重要的品质指标,实验结果表明辐照处理使还原糖含量升高,可能是因为辐照处理促进了糖的分解;枣果经 $^{60}Co-\gamma$ 射线辐照再冷藏,其表面微生物大部分被杀死,微生物总数降低;经辐照处理后, V_C 、可滴定酸、总糖、还原糖含量无明显变化,降低了失重率。可见,辐照可以安全有效地用于枣的保鲜,这一结果与其他研究者对库尔勒香梨^[21]的研究报告相一致。

4 结论

在低温贮藏条件下,将涂膜与辐照复合处理应

用于枣果的保鲜,优于对照、涂膜和辐照处理,可以有效降低枣的失重率,延缓了 V_C 、可滴定酸的下降及糖酸比的上升,保持较高的总糖和还原糖含量,提高枣的感官可接受度。故认为这种食品保鲜栅栏技术,即低温+涂膜+辐照处理对乐陵小枣有较好的保鲜效果。因此,用海洋多糖涂膜+辐照联合处理解决乐陵小枣的保鲜并进行工厂化应用有一定的可行性。

参考文献

- [1] 郭文场,杨柏明,赵吉成. 乐陵金丝小枣[J]. 植物杂志, 1998,3(10):13-14.
- [2] 刘继红,徐小勇,邓秀新. 我国园艺产品辐照保鲜研究进展[J]. 核农学报,2002,16(6):414-417.
- [3] Zhong QP, Xia WS. Effect of 1-methylcyclopropene and/or chitosan coating treatments on storage life and quality maintenance of Indian jujube fruit[J]. LWT-Food Science and Technology, 2007,40:404-411.
- [4] 谢春晖,王兆生,唐晓珍,等. 壳聚糖涂膜保鲜冬枣的研究[J]. 山东农业大学学报,2010,41(1):45-50.
- [5] 任玉峰,马玉贤. 海藻酸钠涂膜对灵武长枣低温保鲜效果的影响[J]. 安徽农业科学,2009,37(15):7175-7176,7213.
- [6] 任玉峰,曾晓静,王春明. 壳聚糖涂膜对灵武长枣低温保鲜效果的影响[J]. 安徽农学通报,2009,15(11):66-67.
- [7] Fan Y, Xu Y, Wang DF, et al. Effect of alginate coating combined with yeast antagonist on strawberry (*Fragaria xananassa*) preservation quality[J]. Postharvest Biology and Technology, 2009,53:84-90.
- [8] 赵二劳,梁兴红,张海容. 南瓜多糖超声波提取条件的优化[J]. 食品研究与开发,2006,27(6):65-66.
- [9] 汪东风. 食品科学实验技术[M]. 北京:中国轻工业出版社,2006:22-23,33-34.
- [10] 吴平,周礼聪,唐本琰,等. 食品分析[M]. 北京:中国轻工业出版社,1983:104-107.
- [11] 孙庆中,王璞,韩德权,等. 大豆分离蛋白薄膜对草莓保鲜效果的评价[J]. 食品工业科技,2010,31(1):327-329.
- [12] 马艳萍,王国梁,刘兴华,等. $^{60}Co-\gamma$ 射线辐照对鲜食核桃萌芽及相关生理指标的影响[J]. 西北植物学报,2010,30(10):2034-2039.
- [13] 赵永福,谢宗传,陆兆新. 辐照草莓室温贮藏保鲜的研究[J]. 核农学报,1999,13(1):23-26.
- [14] 董亚. 普鲁兰复合膜的浸涂法制备和水果涂膜保鲜[D]. 无锡:江南大学,2009.
- [15] 刁小琴,张友林,关海宁. 壳聚糖涂膜结合臭氧杀菌对冬枣果实贮藏期品质及抗病因子的影响[J]. 河北农业大学学报,2007,30(2):61-64.
- [16] 张举印,饶景萍,董晓庆,等. 壳聚糖复合涂膜对红富士苹果保鲜研究[J]. 西北农业学报,2009,18(5):354-358.
- [17] 周秀艳,程立宝,秦智伟,等. 保鲜剂和低温预冷对甜瓜的保鲜效应[J]. 中国瓜菜,2008(6):13-16.
- [18] Meng XH, Qin GZ, Tian SP. Influences of preharvest spraying *Cryptococcus laurentii* combined with postharvest chitosan coating on postharvest diseases and quality of table grapes in storage[J]. LWT-Food Science and Technology,2010,43(4):596-601.

[19] 宗会,徐照丽,胡文玉. 海藻酸钠涂膜对苹果的保鲜效果[J]. 中国果蔬,2000(1):18-19.
 [20] 傅玉颖,张卫斌. 辐射技术及其在食品中的应用[J]. 食品

科学,1999(11):9-11.
 [21] 童莉,王欣,雯茜姆. 辐照对库尔勒香梨贮藏保鲜的研究[J]. 核农学报,2004,18(2):134-136.

(上接第339页)

dcELISA,得出标准曲线如图7。

曲线拟合计算得出 $A1=1.3174$ 、 $A2=-0.0188$ 、 $P=0.39752$ 、 $IC_{50}=3.94081ng/mL$ ，直接竞争ELISA检测下限为0.134ng/mL，定量检测范围0.1205~128.86ng/mL。

2.6 dcELISA的精确度

根据公式计算得出dcELISA法的组内、组间差异结果。表2结果所示：组内平均变异系数为6.16%，组间平均变异系数为2.73%，均小于10%，且最大变异系数小于15%，在可接收范围内。表明dcELISA法的重复性比较好，精密度较高。

表2 dcELISA法的精确度(n=3)
 Table 2 The repetition of dcELISA (n=3)

虾过敏蛋白浓度 (ng/mL)	$\bar{x} \pm s$	CV (%)
0.10	1.37±0.06	4.25
1.00	1.09±0.09	8.62
10.00	0.83±0.11	12.98
20.00	0.64±0.01	2.15
100.00	0.34±0.02	7.22
200.00	0.19±0.02	7.98
1000.00	0.11±0.00	4.12
10000.00	0.07±0.00	1.91
0.10	1.34±0.03	2.17
1.00	1.05±0.03	3.20
10.00	0.85±0.03	3.58
20.00	0.64±0.01	1.69
100.00	0.34±0.00	1.23
200.00	0.20±0.01	4.31
1000.00	0.10±0.01	5.28
10000.00	0.07±0.00	0.34

注：x是OD₄₅₀值平均值；s是标准偏差；CV是变异系数。

2.7 样品测定结果

取虾过敏蛋白样品按照1:10、1:50、1:500稀释，其回收率和变异系数测定结果见表3。回收率在82%~98%之间，组内变异系数均小于11%。

表3 虾过敏蛋白的回收结果(n=3)

Table 3 Recovery of Shrimp allergic protein by dcELISA (n=3)

样品的 稀释倍数	考马斯亮蓝检出 浓度 (ng/mL)	dcELISA测定值 (ng/mL)	回收率 (%)	CV (%)
1:10	0.707±0.042	0.61±0.072	86.3	10.26
1:50	3.973±0.31	3.91±0.517	98.4	8.72
1:500	38.24±2.01	31.2±2.84	81.6	7.45

3 结论

本研究提取的虾总蛋白抗原组分从分子量上判断包含了虾主要过敏原蛋白(Pen a 1)^[12]成分，从而可以采用该抗体检测总蛋白成分反映食物中是否含有过敏原蛋白成分^[13]。国际上也采用多抗测定食物中总过敏蛋白的含量推断是否含有过敏原成分^[14]。本研究采用过碘酸钠法制备酶标记抗原，成功建立酶标

抗原的dcELISA检测虾过敏蛋白。酶标抗原的标记率达41%，达到较好的标记效果。方法的最低检测限达到3.94ng/mL，检测下限为0.134ng/mL，定量检测范围0.1205~128.86ng/mL。组内平均变异系数为6.16%，组间平均变异系数为2.73%，提高灵敏度的同时，也减少了抗体的用量，节省了分析时间，为检测试剂的生产提供有利的条件和基础，具有较好的应用前景。

参考文献

[1] 吕相征,刘秀梅,杨晓光. 健康人群食物过敏状况的初步调查[J]. 中国食品卫生杂志,2005,17(2):119-121.
 [2] 胡燕,黎海芪. 0-24岁儿童食物过敏流行病学研究[J]. 中华儿科杂志,2000,38(7):431-434.
 [3] 周淑红. 国外关于食品过敏标签的现状及其启示[J]. 世界农业,2007(6):67-68.
 [4] Emmett S E, Angus F J, Fry J S, et al. Perceived prevalence of peanut allergy in Great Britain and its association with other atopic conditions and with peanut allergy in other household members[J]. Allergy, 1999, 54(4):380-385.
 [5] Moneret-Vautrin D A. Epidemiologie de l'allergie alimentaire et prevalence relative des trophallergenes[J]. Cahiers Nutrition Dietetique, 2001, 36(4):247-252.
 [6] Schafer T, Bohler E, Ruhdorfer S, et al. Epidemiology of food allergy/food intolerance in adults: associations with other manifestation of atopy[J]. Allergy, 2001, 56(12):1172-1179.
 [7] Jeoung B J, Reese G, Hauck P, et al. Quantification of the major brown shrimp allergen Pen a 1(tropomyosin) by a monoclonal antibody-based sandwich ELISA[J]. J Allergy Clin Immunol, 1997, 8:229-234.
 [8] Helbling A, McCants M L, Musmand J J, et al. Immunopathogenesis of fish allergy: identification of fish-allergic adults by skin. Test and radioallergen sorbent test[J]. Ann Allergy Asthma Immunol, 1996, 77(1):48-54.
 [9] 金冬雁,黎孟枫. 分子克隆实验指南[M]. 北京:北京科学出版社,1992:888-897.
 [10] 郭鑫. 动物免疫学实验教程[M]. 北京:中国农业大学出版社,2007:31-34.
 [11] 周玉,李岩松,潘风光,等. 小鼠腹水IgG类单克隆抗体纯化方法的研究[J]. 黑龙江畜牧兽医,2006(10):14-16.
 [12] 李振兴,林洪,李明华,等. 不同虾类的过敏原及其过敏性[J]. 水产学报,2005,30(2):281-284.
 [13] Wen H W, Wlodzimierz B W, Thomas R D, et al. Peanut allergy, peanut allergens, and methods for the detection of peanut contamination in food products [J]. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2007, 6(2):47-58.
 [14] Poms R E, Klein C L, Anklam E. Methods for allergen analysis in food: A review[J]. Food Addit Contam, 2004, 21(1):1-31.