

اثر گرمادهی با امواج مایکروویو بر مرگ و میر شب‌پره آرد *Ephestia kuehniella* Zeller. و شپشه دندانه‌دار *Oryzaephilus surinamensis* L. و تعیین انرژی مصرفی آن در محصول

کشمش

راحیل میرایی مقدم^۱ - رضا صادقی^{۲*} - مسعود تقی زاده^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۷/۲۸

چکیده

کنترل آفات انباری یکی از مراحل مهم پس از برداشت محصول می‌باشد. گرمادهی با مایکروویو روشی سازگار با محیط زیست برای کنترل آفات انباری می‌باشد. در این تحقیق گرمایش مایکروویو برای کنترل دو گونه آفت مهم کشمش انبار شده مورد استفاده قرار گرفت. نمونه‌های ۷۰ گرمی از کشمش به وسیله لارو سن پنجم شب‌پره آرد *Ephestia kuehniella* Zeller. و حشره کامل شپشه دندانه‌دار *Oryzaephilus surinamensis* L. آلوده شدند. این نمونه‌ها تحت تابش امواج مایکروویو با فرکانس ۲۴۵۰ مگاهرتز در توان‌های ۹۰۰، ۷۲۰ و ۴۵۰ وات با زمان‌های ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ ثانیه قرار گرفتند. نتایج نشان داد در همه آزمایشات، مرگ و میر با افزایش زمان تیماردهی افزایش می‌یابد. همچنین ارتباط مستقیمی بین نرخ مرگ و میر و سطوح توان‌های مایکروویو مشاهده شد. تلفات کامل آفات در توان ۹۰۰ وات و زمان ۵۰ ثانیه مشاهده گردید. با توجه به نتایج این تحقیق و مزایای منحصر به فرد روش تیماردهی مایکروویو از قبیل سرعت بالا و عدم ایجاد پسماندهای مضر پیشنهاد می‌شود که این روش جایگزین روش‌های شیمیایی مبارزه با آفات گردد.

واژه‌های کلیدی: آفات انباری، آفت‌کشی، بید آرد، شپشه دندانه‌دار، گرمایش مایکروویو

مقدمه

میلیون تن غله و خشکبار در اثر خسارت آفات انباری و عدم رعایت اصول علمی انبارداری از بین می‌روند. حشرات با زبان‌های کمی، کیفی و بهداشتی به محصولات انباری سبب ایجاد خسارت‌های سنگینی در این محصولات می‌گردد (۲). از طرف دیگر محصولات کشاورزی برای ارائه به بازارهای جهانی بایستی از استانداردهای لازم برخوردار باشند که علاوه بر رنگ، طعم و محتوای رطوبت مشخص شامل عدم آلودگی به حشرات، تخم یا لارو آنها نیز می‌باشد (۱۰). شیوه‌های مرسوم مبارزه با آفات ضمن دارا بودن مزایایی از قبیل آسان بودن اجرای عملیات و هزینه کم دارای معایبی از جمله کندی در انجام عملیات، ایجاد پسماندهای آلوده کننده محیط زیست و مخرب لایه ازن، تأثیرات منفی روی کیفیت محصول، ایجاد مخاطرات سلامتی بر روی اپراتور و غیره می‌باشند. به عنوان مثال در طول سالیان از متیل بروماید برای کنترل حشرات مختلف به صورت موفقیت‌آمیزی استفاده شده است اما دلایل فوق‌الذکر باعث شده است تا سازمان‌های بین‌المللی زیربسط استفاده از آن را تا سال ۲۰۱۵ محدود کنند (۱۹). با توجه به اهمیت اقتصادی مبارزه با آفات و مشکلات ناشی از به‌کارگیری حشره‌کش‌های شیمیایی و فومیگانت‌ها،

ایران به دلیل شرایط آب و هوایی و اقلیمی منحصر به فرد، از مستعدترین کشورهای تولیدکننده محصولات متنوع باغی به ویژه انگور بوده و دارای تاریخچه ارزشمندی در این زمینه می‌باشد (۳). کشمش از خشک کردن میوه درخت مو با نام علمی *Vitis vinifera* L. بدست می‌آید و از مهم‌ترین انواع خشکبار صادراتی ایران محسوب می‌شود. این محصول حاوی ترکیبات مغذی بوده مصرف آن به صورت خام و یا به عنوان افزودنی در پخت غذا جهت افزایش شیرینی و بهبود طعم آن بکار گرفته می‌شود (۷).

به منظور حفظ کیفیت و بازارپسندی خشکبار، آنها را در انبارهای مخصوص با شرایط کنترل شده نگهداری می‌کنند تا مورد هجوم آفات قرار نگیرند و کیفیت آنها حفظ گردد. با این حال سالانه صدها

۱ و ۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد حشره‌شناسی و استادیار گروه حشره‌شناسی و بیماری‌های گیاهی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

*- نویسنده مسئول: (Email: rsadeghi@ut.ac.ir)

۳- استادیار گروه صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
DOI: 10.22067/jpp.v30i4.53325

Oryzaephilus surinamensis L. و *Ephestia kuehniella* Zeller. و حشره کامل. از جمله کشمش به وفور یافت می‌شوند.

مواد و روش‌ها

آزمایش‌ها در سال ۱۳۹۳ در اتاق پرورش موجود در گروه حشره‌شناسی دانشکده کشاورزی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران انجام شد. نمونه‌های خشکبار مورد استفاده در این تحقیق کشمش سبز قلمی از بهترین و مرغوب‌ترین انواع کشمش بوده که از طرفداران بسیاری برخوردار است.

جهت تکثیر انبوه آفات از ظروف شیشه‌ای به حجم یک لیتر که دهانه آن‌ها به منظور تهویه مناسب با توری بسته شده بود، استفاده گردید. مواد غذایی مورد استفاده برای حشره کامل شیشه دندانه‌دار *O. surinamensis* و شب پره آرد *E. kuehniella* به ترتیب از ترکیب ۹۹٪ آرد گندم و ۱٪ مخمر (۳) و ترکیب آرد گندم ۹۰٪ و مخمر ۱۰٪ استفاده شد (۱). پس از نوشتن اطلاعات مربوط به گونه حشره و تاریخ پرورش روی شیشه‌ها، نمونه‌ها در انکوباتور قرار گرفت. شرایط محیطی اتاق پرورش به صورت، دمای ۲۷±۲ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۶۵±۵ درصد و دوره‌ی نوری ۱۳ ساعت تاریکی و ۱۱ ساعت روشنایی بود.

به منظور گرمادهی محصول از دستگاه مایکروویو دیجیتالی خانگی Media مدل MW-F-282ELKS با مشخصات فنی فرکانس ۲۴۵۰ مگا هرتز و حداکثر توان ۹۰۰ وات، استفاده شد. نمونه‌های کشمش که به لارو سن پنجم شب پره آرد *E. kuehniella* و حشره کامل شیشه دندانه‌دار *O. surinamensis* آلوده شده بودند در معرض امواج مایکروویو با توان‌های ۴۵۰، ۷۲۰ و ۹۰۰ وات در زمان‌های ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ ثانیه قرار گرفتند. هر یک از ظروف محتوی ۵۰ گرم کشمش و ۱۰ عدد از حشره مورد آزمایش بود. میزان مرگ و میر حشرات کامل *O. surinamensis* در اثر امواج مایکروویو با شمارش حشرات مرده، ۲۴ ساعت بعد از تیماردهی انجام شد. در مورد لاروهای *E. kuehniella* این کار پس از گذراندن دوران شفیرگی با شمارش لاروهایی که به حشرات کامل تبدیل نشده بودند، انجام شد (۸).

اطلاع از میزان مصرف انرژی در مرگ و میر آفات به روش تیماردهی مایکروویو از منظر بازده اقتصادی یکی از پارامترهای مهم محسوب می‌شود. بدین منظور در هر آزمایش با ضرب توان مایکروویو به کار گرفته شده در زمان موج‌دهی انرژی مصرفی تعیین شد (۱۱). آزمایش‌ها در قالب فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در ۴ تکرار انجام شدند. برای مقایسه اثرات تیمارها نمونه‌های بدون گرمادهی مایکروویو به عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شدند. تجزیه

جایگزین کردن آنها با روش‌های سازگار با محیط زیست امری ضروری به نظر می‌رسد (۹). استفاده از دماهای بالا یکی از بهترین راه‌های کنترل آفات انباری است که در آینده می‌تواند جایگزین مناسبی برای آفت‌کش‌های شیمیایی باشد (۵).

امواج مایکروویو یا ریز موج بخشی از طیف الکترومغناطیس با طول موج کمتر از امواج رادیویی و بیشتر از امواج فرسوخ هستند که در بازه فرکانسی بین ۳۰۰MHZ تا ۳۰۰GHZ قرار دارند. این امواج در اثر گرمایش دی الکتریک با تولید حرارت بالا در مواد غذایی و بدن حشره، بدون ایجاد اثر سوء بر مواد غذایی می‌توانند برای کنترل آفات به کار روند (۱۴). اساس کار آفت‌کشی بوسیله تیمار گرمایش دی الکتریک بدین گونه است که وقتی دو ماده با خواص دی الکتریک متفاوت در میدان امواج رادیویی یا مایکروویو قرار می‌گیرند با توجه به ضریب اتلاف دی الکتریک گرمایش متفاوتی را تجربه می‌کنند. در واقع مواد با ضریب اتلاف دی الکتریک بیشتر نسبت به مواد با ضریب اتلاف دی الکتریک کمتر، در میدان امواج مایکروویو یا رادیویی مشابه سریع‌تر گرم می‌شوند. بنابراین اگر ضریب اتلاف دی الکتریک آفت از ضریب اتلاف دی الکتریک محصول بیشتر باشد آفت سریع‌تر از محصول گرم و در نتیجه نابود می‌شود (۱۸). در مورد حشرات این امواج باعث انعقاد پروتئین‌ها شده و در ساختار و عمل سلول‌های عصبی اختلال ایجاد می‌کند (۱۳). رشد غیرعادی پیوسته‌های سر و قفس سینه، کاهش وزن بدن، کاهش قدرت باروری حشرات بالغ و جلوگیری از دگردیسی حشرات از اثرات دیگر گرمای تولید شده به وسیله امواج مایکروویو می‌باشند (۱۵ و ۱۶). این روش بدون تردید یکی از روش‌های مؤثر مبارزه با آفات است زیرا قادر به ایجاد تلفات در مراحل مختلف رشدی با کوتاه‌ترین زمان بدون هیچ گونه پسماند شیمیایی مضر و مخرب محیط زیست و محصولات غذایی است (۶).

تاکنون اثر امواج مایکروویو برای کنترل آفات انباری غلات *T. Sitophilus* و *Cryptolestes ferrugineus, castaneum granaries* در انبار بررسی شده است (۲۰). در سال ۲۰۰۹ زوبا و همکاران (۲۲) قابلیت جایگزینی تیمار گرمایشی مایکروویو با روش ضدعفونی شیمیایی با استفاده از متیل بروماید را در کنترل آفت *Ectomyeloides ceratoniae* در محصول خرما بررسی کردند آنها مرگ و میر ۱۰۰ درصدی آفات را با این روش گزارش کردند. تأثیر امواج مایکروویو بر آفات دیگر این محصول از قبیل *T. castaneum* و *Oryzaephilus surinamensis* (L.) توسط سایر محققین نیز بررسی شده است (۱۱) ایشان گزارش کردند که امواج مایکروویو ضمن دفع ۱۰۰ درصدی آفات بر خواص کیفی محصول اثر منفی نداشته است.

بررسی منابع نشان می‌دهد که قابلیت امواج مایکروویو برای از بین بردن آفات کشمش تاکنون بررسی نشده است لذا هدف از انجام تحقیق حاضر بررسی اثر امواج مایکروویو در کنترل لارو سن پنجم

kuehniella دارد. همچنین بیشترین درصد مرگ و میر که در آن تلفات کامل صورت می‌گیرد در توان ۹۰۰ وات و زمان ۵۰ ثانیه اتفاق می‌افتد. در واقع افزایش توان باعث بالا رفتن درصد مرگ و میر حشرات کامل شپشه دنداندار و لارو سن پنجم شب پره آرد می‌شود. همچنین در هر توان با افزایش زمان مایکروویو دهی، درصد مرگ و میر نیز افزایش می‌یابد. در توان ۹۰۰ وات با افزایش زمان تیماردهی از ۲۰ به ۳۰، ۴۰ و ۵۰ ثانیه میانگین درصد مرگ و میر به ۷۱/۶۳، ۹۱/۵۳ و ۱۰۰ درصد افزایش می‌یابد. در نتایجی مشابه زوبا و همکاران (۲۲) میزان مرگ و میر بید خرما *Ectomyeloid ceratoniae* را در توان ۱۰۰۰ وات و زمان‌های ۴۰، ۴۵، ۵۰ و ۵۵ ثانیه به ترتیب ۷۰، ۹۰، ۹۵ و ۱۰۰ درصد گزارش کردند. پوروهیت و همکاران در سال ۲۰۱۳ نیز نتایج مشابهی را برای *Callosobruchus maculatus* گزارش کردند. در تحقیق آن‌ها با افزایش زمان از ۱۴ به ۲۸ و ۴۲ ثانیه در توان ۳۰۰ وات درصد مرگ و میر نیز به ترتیب از ۲۰ درصد به ۸۵ و ۱۰۰ درصد رسید (۱۷).

و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم افزار SPSS 21.0 انجام شد. در این نرم افزار اثر پارامترهای توان و زمان بر درصد مرگ و میر در سطح احتمال ۱٪ بررسی شده و مقایسه‌های آماری به روش توکی انجام شدند.

نتایج و بحث

در حالت کلی نتایج نشان می‌دهند که در تمام حالات تیماردهی امواج مایکروویو اثرات کشنده‌ای بر روی حشرات مورد آزمایش داشته اند و لذا تفاوت در میزان مرگ و میر و انرژی لازم برای این کار است. درصد مرگ و میر حشرات کامل *O. surinamensis* و لاروهای سن پنجم *E. kuehniella* که در معرض توان‌ها و زمان‌های مختلف امواج مایکروویو قرار گرفته اند در جدول ۱ آمده است.

نتایج نشان می‌دهد که توان ۴۵۰ وات و زمان ۲۰ ثانیه کمترین درصد مرگ و میر را برای هر دو حشره *O. surinamensis* و *E.*

جدول ۱- میانگین و انحراف معیار درصد مرگ و میر حشره کامل شپشه دنداندار و لارو شب پره آرد در توان‌ها و زمان‌های مختلف تیماردهی مایکروویو

Table 1- Mortality (mean and standard error) of adult of *O. surinamensis* and larvae of *E. kuehniella* exposed to microwave radiation

نوع حشره Insect	توان (وات) Power(w)	زمان قراردهی (ثانیه) Exposure time (s)				
		20	30	40	50	
لارو سن پنجم شب پره آرد larvae of <i>E. kuehniella</i>	450	میانگین Mean	20.00 a	28.21 a	43.04 a	70.00 bc
		انحراف معیار Std	5.000	7.638	7.638	5.000
	720	میانگین Mean	33.33 a	56.67 ab	61.53 b	86.63 bc
		انحراف معیار Std	7.638	5.774	11.408	5.774
	900	میانگین Mean	51.67 ab	71.63 bc	91.53 c	100.00 c
		انحراف معیار Std	7.683	14.448	2.887	0.000
حشره کامل شپشه دنداندار Adult of <i>O. surinamensis</i>	450	میانگین Mean	33.33 a	48.33 a	63.45 ab	78.33 bc
		انحراف معیار Std	2.887	7.638	7.638	5.775
	720	میانگین Mean	56.63 ab	66.67 b	86.43 bc	93.51 c
		انحراف معیار Std	11.547	12.587	10.408	7.638
	900	میانگین Mean	68.03 bc	88.23 bc	91.67 c	100.00 c
		انحراف معیار Std	10.408	2.887	7.638	0.000

اعداد با حروف مشترک برای هر حشره در تمامی حالات توان و زمان مایکروویو دهی دارای اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) نمی‌باشند

Numbers followed by the same letter for each insect per all cases of microwave power and time are not significantly differentns ($P < 0.05$)

تجزیه واریانس اثر زمان و توان بر درصد مرگ و میر حشرات کامل شپشه دنداندار و لارو سن پنجم شب پره آرد داشته‌اند. اما اثر متقابل توان و زمان بر میزان مرگ و میر تأثیر معنی‌داری نداشته است.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر عامل‌های زمان و توان بر درصد مرگ و میر حشرات کامل شپشه دنداندار و لارو شب پره آرد
Table 2- Analysis of variance for the effects of time and power to mortality percent of adult of *O. surinamensis* and larvae of *E. kuehniella*

نوع حشره Insect type	منبع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square	مقدار F Sig. of F.
حشره کامل شپشه دنداندار Adult of <i>O. surinamensis</i>	توان Power	2	3006.250	45.568**
	زمان Time	3	2404.389	36.446**
	توان × زمان Time × Power	6	68.287	1.035 ns
	خطا Error	24	65.972	
	کل Total	36		
لارو سن پنجم شب پره آرد larvae of <i>E. kuehniella</i>	توان Power	2	4408.333	78.380**
	زمان Time	3	4106.250	73.000**
	توان × زمان Time × Power	6	88.890	1.580 ns
	خطا Error	24	56.250	
	کل Total	36		

** در سطح احتمال آماری ۰/۰۱ معنی دار است (p<0.01)

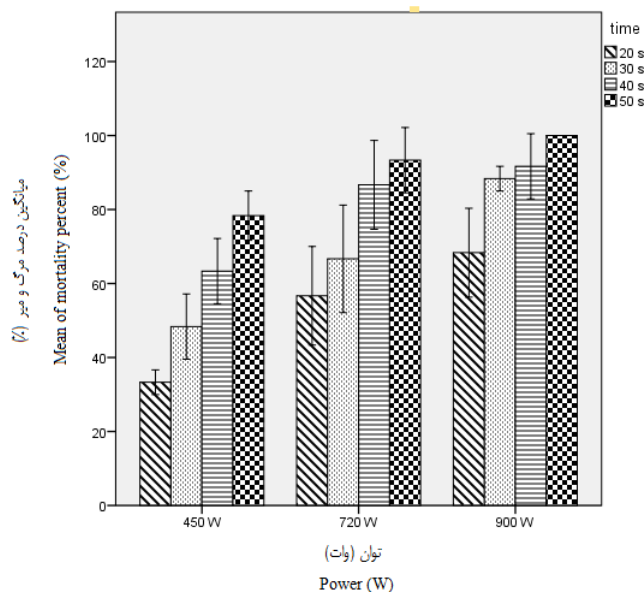
^{ns} در سطح احتمال آماری ۰/۰۱ تفاوت معنی داری ندارد (p<0.01)

** Significant at the level of statistical probability (p<0.01)

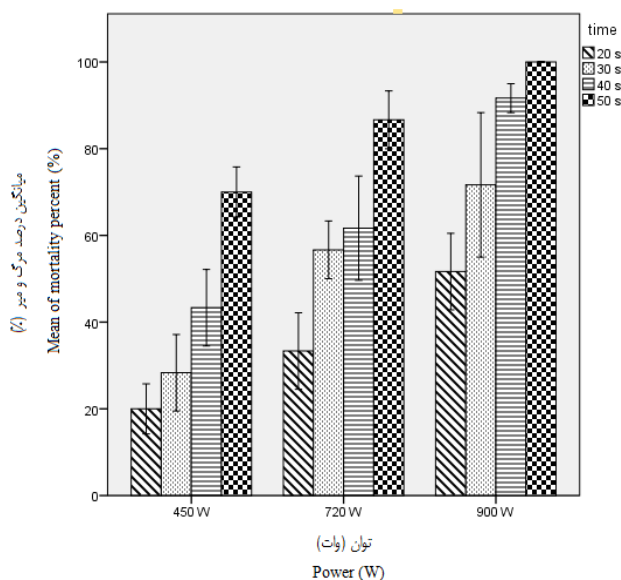
^{ns} No Significant at the level of statistical probability (p<0.01)

شکل ۱ و شکل ۲ مقادیر مقایسه میانگین‌ها را در سطوح مختلف توان و زمان به ترتیب برای حشرات کامل شپشه دنداندار و لارو سن پنجم شب پره آرد نشان می‌دهند. با توجه به شکل‌ها می‌توان نتیجه گرفت که تلفات کامل هر دو حشره در توان ۹۰۰ وات و زمان ۵۰ ثانیه صورت می‌گیرند. همچنین درصد مرگ و میر شپشه دنداندار در توان‌ها و زمان‌های مشابه از لارو سن پنجم شب پره آرد بیشتر است پس حساسیت آن نسبت به امواج مایکروویو بیشتر است. در نتیجه لارو سن پنجم شب پره آرد نسبت به حشره کامل شپشه دنداندار مقاومت بیشتری در برابر امواج مایکروویو از خود نشان می‌دهد.

نتایج این تحقیق با نتایج حاصل از تحقیقات مائیکاواساگان (۱۱) در سال ۲۰۱۳ بر روی آفات خرما مطابقت دارد. آن‌ها دریافتند که اثر توان و زمان بر روی درصد مرگ و میر لارو و حشره کامل *O. surinamensis* و حشره کامل *Tribolium castaneum* معنی‌دار می‌باشد. آن‌ها گزارش کردند که توان و زمان بر روی لارو *T. castaneum* نسبت به حشره کامل آن و همچنین حشرات کامل *O. surinamensis* نسبت به حشرات کامل *T. castaneum* اثر معنی‌داری دارد. و دیوامبال و همکاران (۲۰) در مطالعات خود بر روی آفات گندم دریافتند که اثر توان و زمان بر درصد مرگ و میر لارو *T. castaneum* نسبت به حشره کامل و سفیره آن معنی‌دارتر است. آن‌ها همچنین گزارش کردند که در رطوبت‌های مختلف دانه گندم (۱۴ و ۱۸ درصد) درصد مرگ و میر لارو *T. castaneum* متفاوت



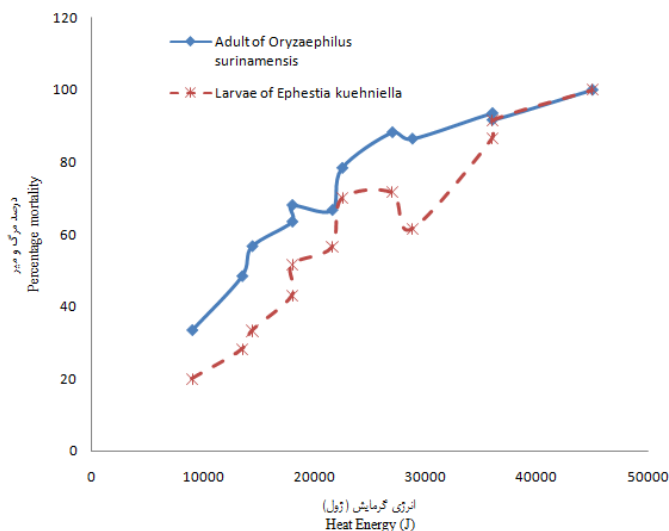
شکل ۱- میانگین درصد مرگ و میر حشرات کامل شبیشه دندانه‌دار در توان‌های مختلف تیماردهی مایکروویو و مقایسه آن‌ها
Figure 1- Mortality percent of adult of *Oryzaephilus surinamensis* that exposed in different power and time of microwave



شکل ۲- میانگین درصد مرگ و میر لارو سن پنجم شب پره آرد در توان‌های مختلف تیماردهی مایکروویو و مقایسه آن‌ها
Figure 2- Mortality percent of adult of *Ephestia kuehniella* that exposed in different power and time of microwave

و همکاران (۱۷) بر روی *Callosobruchus maculatus* نیز با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. آن‌ها دریافتند که تخم‌ها نسبت به حشرات کامل و سایر مراحل نشو و نمو، بسیار حساس‌تر می‌باشند.

و ننگ و همکاران (۲۱) با مطالعه گرمادهی امواج رادیویی بر روی لارو سن سوم و پنجم کرم پرتقال ناول *Amyelois transitella* دریافتند که در زمان‌های مختلف گرمادهی مقاومت لاروهای سن سوم نسبت به لاروهای سن پنجم کمتر است. نتایج تحقیق پروهیت



شکل ۳- مقایسه در صد مرگ و میر در انرژی‌های مختلف گرمایش با امواج مایکروویو

Figure 3- Variation in mortality Adult of *O. surinamensis* and larvae of *E. kuehniella* with respect to total microwave energy

محصول نفوذ کرده بودند برای مرگ و میر نیاز به انرژی بیشتری داشتند. مانیکاواساگان و همکاران در تحقیقی مشابه انرژی لازم برای مرگ و میر صد در صدی لارو و حشره کامل آفت *T. castaneum* محصول خرما را ۲۴۰۰۰ ژول گزارش کردند (۱۱).

شکل ۳ درصد مرگ و میر آفات را در مقابل انرژی مصرفی مایکروویو نشان می‌دهد. با توجه به شکل می‌توان نتیجه گرفت که افزایش درصد مرگ و میر در نتیجه مصرف بیشتر انرژی میسر خواهد بود. برای مرگ و میر کامل هر دو آفت در حدود ۴۵۰۰۰ ژول انرژی لازم است. در آزمایشات مشاهده شد که حشراتی که به درون

منابع

- 1- Ayvaz A., and Tunçbilek A. Ş. 2006. Effects of gamma radiation on life stages of the Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Pest Science*, 79(4), 215-222.
- 2- Bagheri-Zenouz E. 1996. Pests and Storage products and methods of combating them. The first volume, beetles harmful Food & industrial Tehran University Publication, 359 pages (In Persian).
- 3- FAO. 2012. Food and Agricultural commodities production. <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. Visited on 2016-02-2.
- 4- Finkelman S., Navarro S., Rindner M., and Dias R. 2006. Effect of low pressure on the survival of *Trogoderma granarium* Everts, *Lasioderma serricorne* (F.) and *Oryzaephilus surinamensis* (L.) at 30 °C. *Journal of Stored Products Research*, 42(1), 23-30.
- 5- Hagstrum D.W., and Flinn P.W. 1992. Integrated pest management of stored-grain insects, In: D.B. Sauer, ed. *Storage of Cereal Grain and Their Products*. pp. 535-562. Amr. Assoc. Cereal Chem., St. Paul, Minnesota.
- 6- Halverson S.L., Plarre R., Bigelow T.S., and Lieber K. 1998. Recent advance in the use of EHF energy for the control of insect in stored products. American Society of Agriculture Engineers Annu. Meeting, Orlando, Florida (USA). Paper No. 986052.
- 7- Iamanaka B.T., de Menezes H.C., Vicente E., Leite R.S.F., and Taniwaki M.H. 2007. Aflatoxigenic fungi and aflatoxins occurrence in sultanas and dried figs commercialized in Brazil. *Journal of Food Control*, 18, 454-457.
- 8- Isikber A.A., and Oztekin S. 2009. Comparison of susceptibility of two stored-product insects, *Ephestia kuehniella* Zeller and *Tribolium confusum* du Val to gaseous ozone. *Journal of stored products research*, 45: 159-164.
- 9- Johnson J.A., Vail P.V., Soderstrom E.L., Curtis C.E., Brandl, D.G., Tebbets, J.S., and Valero., K.A. 1998. Integration of nonchemical postharvest treatment for control of navel orange worm (Lep.: Pyralidae) and India meal moth (Lep.: Pyralidae) in walnuts. *Journal of Economic Entomology*, 91: 1437-1444.
- 10- Kader A., and Hussein M. 2009. Harvest and Postharvest Handling of Dates. Project on the Development of Sustainable Dates Palm Production System in the GCC Countries of Arabian Peninsula. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas.
- 11- Manickavasagan A., Alahakoon P.M.K., Al-Busaidi T.K., Al-Adawi S., Al-Wahaibi A.K., Al-Raeesi A.A., Al-

- Yahyai R., and Jayas D.S. 2013. Disinfestation of stored dates using microwave energy. *Journal of Stored Products Research*, 55: 1-5.
- 12- Moghaddasi R., and Alishahi M. 2007. Study of effective factors on Iran's share in the global market of agricultural products (Case Study; pistachios and raisin). *Journal of Agricultural Sciences*, 1: 21-37.
- 13- Nelson S.O. 1995. Assessment of RF and microwave electric energy for stored-grain insect control. Annu. Internat. ASAE Meeting, June 18-23, 1995. Chicago, Illinois. American Society of Agriculture Engineers. St. Joseph, Michigan, 16 pp.
- 14- Nelson S.O. 1996. Review and assessment of radio-frequency and microwave energy for stored-grain insect control. *Trans. American Society of Agriculture Engineers*, 39: 1475-1484.
- 15- Oles R.G. 1982. Constnt dose microwave irradiation of insect pupae. *Journal of Radio Science*. 17: 145-148.
- 16- Ondracek J., and Brunnhofer V. 1984. Dielectric properties of insect tissues. *Journal of General Physiology*, 3: 251-257.
- 17- Purohit P., Jayas D.S., Yadav B.K., Chelladurai V., Fields P.G., and White N.D.G. 2013. Microwaves to control *Callosobruchus maculatus* in stored mung bean (*Vigna radiata*). *Journal of Stored Products Research*, 53: 19-22.
- 18- Tang J., Mitcham E., Wang S., and Lurie S. 2007. Heat treatments for postharvest pest control: Theory and Practice. The Centre for Biosciences and Agriculture International (CABI), Cambridge, Pp. 349
- 19- UNEP. 1999. United Nations Environment Programme, Division of Technology, Industry and Economics, Ozon Action Programme, Methyl Bromide Phase-Out Strategies, A Global Compilation of Laws and Regulations. United Nations Publication, ISBN: 92-807-1773-1, available from <http://www.unep.fr/ozonaction/information/mmcfiles/3020-e.pdf>
- 20- Vadivambal R., Jayas D.S., and White N.D.G. 2007. Wheat disinfestation using microwave energy. *Journal of Stored Products Research*, 43: 508–514.
- 21- Wang S., Tang J., Johnson J.A., Mitcham E., Hansen J.D., Cavalieri R.P., Bower J., and Biasi B. 2002. Process protocols based on radio frequency energy to control field and storage pests in in-shell walnuts. *Postharvest Biology and Technology* 26: 265–273.
- 22- Zouba A., Khoualdia O., Diaferia A., Rosito V., Bouabidi H., and Chermiti B. 2009. Microwave treatment for postharvest control of the date moth *Ectomyelois ceratoniae*. *Journal of Plant Protection*, 2(4): 173-184.