

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی
پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری

ارزیابی خسارت آفات انباری



نگارنده: مسعود لطیفیان
عضو هیات علمی پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری

شماره نشریه: ۵۳۹/نخل/۹۵

شناسنامه نشریه:

عنوان نشریه: ارزیابی خسارت آفات انباری

نام و نام خانوادگی نگارنده: مسعود لطیفیان

شماره نشریه: ۹۵/نخل/۵۳۹

نوع نشریه: نشریه فنی

نام و نام خانوادگی ویراستار: مجید امانی و بهار راد

ناشر: مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری

شمارگان (تیراژ): ۱۵ نسخه

تاریخ انتشار: ۱۳۹۵

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۴	مقدمه
۶	تشخیص بصری
۷	نمونه برداری و سونداژ
۸	روش های شناور سازی
۸	الف: استفاده از وزن مخصوص
۹	ب- روش شناورسازی بقایا
۹	روش اسیدهیدرولیز یا شمارش تعداد قطعه
۹	روش رنگ آمیزی
۱۰	آنالیز دی اکسید کربن
۱۱	اندازه گیری اسیداوریک
۱۲	روش های تصویری
۱۲	الف- استفاده از اشعه ایکس
۱۳	ب- اسپکتروسکوپی نزدیک مادون قرمز (NIRS)
۱۸	ج- اسپکتروسکوپی رزونانس هسته ای
۱۸	روش های سرولوژیکی
۱۹	روش انکوئبایسون
۱۹	استخراج حرارتی
۲۰	روش پتانسیل الکتریکی
۲۰	روش ترانسپیرانسی
۲۰	تکنیک موج الکتریکی
۲۱	روش فلورسانت
۲۱	تکنیک واکنش زنجیره پلی مرز
۲۱	استفاده از انواع تله ها
۲۲	الف- تله های بدون عامل جاذب
۲۳	ب- تله های دارای عامل جاذب
۲۵	تکنیک های صوتی
۲۷	منابع

ارزیابی خسارت آفات انباری

مقدمه

مواد غذایی با منشا گیاهی و حیوانی در شرایط مختلفی نگهداری می‌شوند و طی مراحل نگهداری انواع مختلفی از آفات از جمله پرنده‌گان، موش‌ها، حشرات، کنه‌ها و میکروب‌ها آن‌ها را مورد حمله قرار می‌دهند. بیش از ۶۰۰ گونه سوسک و ۷۰ گونه شب پره از حشرات، ۳۵۵ گونه کنه، ۴۰ گونه موش و ۱۵۰ گونه قارچ به عنوان عوامل خسارت‌زای مواد غذایی در شرایط انبارداری محصولات مختلف گزارش شده است (Ridgway et al., 2002). خسارت سالانه حاصل از حمله انواع این عوامل بیولوژیک به مواد غذایی را حدود ۱۰ درصد تخمین زده‌اند (Boxall, 1991).

کاهش وزن محصولات غذایی (وزن خشک) در نتیجه خسارت آفات بین ۰/۵ تا ۱۷ درصد گزارش شده است (Proctor, 1977). طبیعی است که حفاظت محصولات غذایی در مقابل این آسیب بالا می‌تواند نقش مهمی در تأمین امنیت غذایی و افزایش بهره‌وری تولیدات کشاورزی داشته باشد (Rossiter, 1970, Tigar, et al., 1994). آفات انباری فقط به محصولات گیاهی خسارت نمی‌زنند بلکه مواد غذایی با منشا حیوانی نیز به شدت مورد حمله این آفات قرار می‌گیرند (Soans and Adolf, 1971 Madden et al., 1995). آلودگی به آفات باعث ایجاد آسیب‌های کمی و کیفی به محصولات کشاورزی می‌گردد. حشراتی نظیر *Cryptolestes* spp. و *Trogoderma granarium* از بافت نرم و با ارزش محصولات غذایی بیش‌تر از سایر بافت‌ها تغذیه می‌کنند و پتانسیل خسارت‌زایی بالایی دارند. مواد جانبی حاصل از فعالیت حشرات نظیر اسید اوریک، پوسته‌های تعویض جلد، حشرات مرده، تار و فضولات از جمله عوامل کاهش دهنده کیفیت محصول می‌باشند (Graciano et al., 1998; Correia et al., 2000; Phillips and Burkhdder, 1984; Bonafaccia et al., 1999; Zamboni, et al., 1988; Rodrigues et al., 1998; Khoory et al., 1996; Loactelli et al., 2000). ترشحات بدن حشرات کامل برخی از آفات نظیر *Tribolium* sp. و *Rhyzopertha dominica* ایجاد بوی نامطبوع در مواد غذایی انباری می‌کنند. همچنین اسید اوریک موجود در

مدفوع آفات انباری دارای اثرات سمی در مواد غذایی انباری است (Starvic *et al.*, 1969). حدود قابل تحمل وجود موادی نظیر باقی مانده آفت کش ها، حشرات زنده یا مرده، بقایای حشرات و سایر عوامل وابسته به فعالیت آفات در بسیاری از مواد غذایی برآورد گردیده است (Jeon, 2002; Anon, 2001; White, 1995; Fleurat- lessard, 1997). استانداردهای مختلفی نیز در جوامع متفاوت برای وجود آفت کش ها و بقایای حشرات در مواد غذایی در سیستم های ISC و HACCP تعریف شده است (Mueller, 1998). برای ارزیابی رعایت این استانداردها روش های مختلفی جهت ارزیابی و ردیابی آفات و خسارات ناشی از آنها در انواع مواد غذایی طراحی گردیده است (Cotton and Wilbur, 1982; Fleurat-lessard *et al.*, 1994; Semple, 1992; Pedersen, 1992; Milner, 1958).

مهم ترین حشراتی که محصولات غذایی انباری را مورد حمله قرار می دهند از دو راسته Coleoptera و Lepidoptera و گاهی اوقات از خانواده Psocidae می باشند (Cotton and Wilbur, 1982). مهم ترین خانواده های سخت بال پوشان آفت انباری عبارتند از Anobiidae, Cucujidae, Bostrichidae, Bruchidae, Anthribidae و مهم ترین خانواده های بال پولک داران آفت انباری عبارت از Gelechidae, pyralidae می باشد (Ress, 1996; Sedlacek *et al.*, 1996).

روش های مختلفی برای تشخیص آلودگی حشرات در نمونه برداری از محصولات کشاورزی انباری مورد استفاده قرار گرفته است که مهم ترین آنها در جدول ۱ درج گردیده است. انتخاب هر یک از این روش ها بسته به وجود ابزار لازم، نوع ماده غذایی انباری، شرایط انبارداری، نحوه زندگی حشره آفت و نحوه خسارت زایی آنها متفاوت است.

جدول ۱- انواع روش‌های تشخیص حشرات آفت انباری در نمونه‌های محصولات کشاورزی

روش	نوع محصول انباری	توضیحات
Physical methods		
Visual inspection	Whole grains, milled products	Qualitative; only high-level infestation detected
Sampling and sieving	Whole grains, milled products	Hidden infestation not detected; commonly practiced
Heat extraction	Whole grains	Adulte and larvae detected
Acoustic	Whole grains	Active stages are detected
Breeding out imaging techniques	Whole grains	Time consuming
X – ray method	Whole grains	Prohibitive capital cost
Near infrared spectroscopy	Whole grains, milled products	Rapid, expensive, can be automated
Nuclear magnetic resonance	Whole grains	Less sensitive
Chemical methods		
Serological techniques	Whole grains, milled products	Highly sensitive, species specific; shows infestation from unknown past to till date
Uric acid determination	Whole grains, milled products	Shows infestation from unknown past to till date
CO ₂ analysis	Whole grains	Simple, time consuming; indicates current level of infestation; not suitable for grains having >15% moisture
Specific gravity method	Whole grains	Simple and quick; not suitable for oats and maize
Cracking and flotation method	Whole grains	Variable results noted
Fragment count	Whole grains, milled products	Highly variable results noted; shows infestation from unknown past to till date
Staining techniques:		
Egg – plugs	Whole grains	Specific for <i>sitophilus</i> spp.
Ninhydrin method	Whole grains	Eggs and early larvae not indicated

تشخیص بصری

شاخص‌های مختلفی برای تشخیص وجود آلودگی به حشرات در مواد غذایی انباری تعریف شده‌اند که نمونه‌هایی از آنها در جدول ۲ درج گردیده است. وجود تخم سوسک‌های مختلف نظیر *Callisobruchus* spp. که به آسانی و بدون چشم مسلح قابل تشخیص است، وجود سوراخ خارجی در سطح بذر نظیر خسارت آفات *Sitophilus* sp., *R. dominica*, *Prostephanus truncatus* و *S. cerealella* که به راحتی قابل تشخیص می‌باشد از مواردی است که به صورت موفقیت‌آمیز مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Nicholson *et al.*, 1953). برای راحتی انجام این نوع تشخیص دستگاه‌های مختلفی ابداع شده است که نمونه‌هایی از آن در شکل ۱ مشاهده می‌گردد.

جدول ۲- شاخص‌های تشخیص بصری آلودگی به آفات انباری در محصولات کشاورزی انباری

مشخصه بصری	محصول	نوع آفت انباری
وجود تخم در سطح بذر	Pulses (whole)	<i>Acanthoscelides obtectus</i> , <i>callosobruchus</i> spp., <i>Zabrotes subfasciatus</i>
وجود شفییره در سطح بسته	Peanut in shell	<i>Caryedon serratus</i>
وجود سوراخ در سطح بذر	Cassava	<i>Araecerus fasciculatus</i>
	Coffee seed	<i>Araecerus fasciculatus</i>
	Peanut in shell	<i>Caryedon serratus</i>
	Pulses (whole)	<i>Acanthoscelides obtectus</i> , <i>Callosobruchus</i> spp., <i>Zabrotes subfasciatus</i>
تغییر رنگ پوست	Spices (whole)	<i>Stegobium paniceum</i> , <i>Lasioderma serricorne</i>
	Wheat, rice,	<i>Rhyzopertha dominica</i> , <i>sitophilus</i> spp.,
	Maize, paddy	<i>Sitotroga cerealella</i>
	Pistachio nuts	<i>Amyelois transitella</i>
پوسته شدن	Cereals (whole or milled)	<i>Corcyra cephalonica</i> , <i>Ephestia cautella</i>
	Cocoa	<i>Plodia interpunctella</i> , <i>Ephestia cautella</i> , <i>Ephestia elutella</i>
	Oilseeds, oilcakes/meals	<i>Ephestia cautella</i> , <i>plodia interpunctella</i>
	Dry fruits, tree nuts	<i>Ephestia cautella</i> , <i>plodia interpunctella</i>

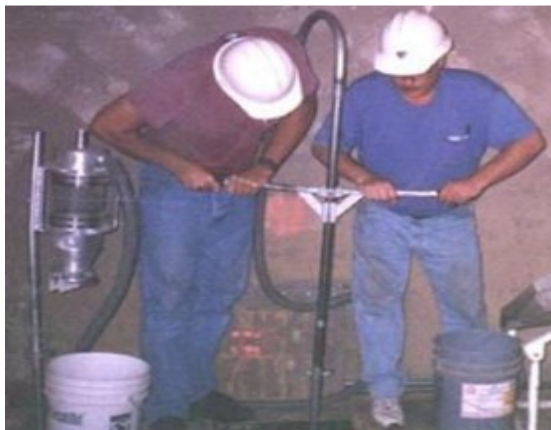


شکل ۱- نمونه‌ای از ابزارهای تشخیص بصری آفات انباری (عکس از اینترنت)

نمونه‌برداری و سونداژ

در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه روش استفاده از نمونه‌برداری با سونداژ مرسوم‌ترین روش می‌باشد (Hagstrum, 1994). در این روش امکان تشخیص تخم، لارو و شفییره وجود ندارد (Wilkin *et al.*, 1994). موفقیت این روش به عوامل مختلفی وابسته است که مهم‌ترین آن‌ها عبارت از تکرار و پراکنش نمونه‌ها، فراوانی و پراکنش آفت در محصول و کارایی حذف حشرات در نمونه می‌باشند (Hagstrum, 1991; Hodges *et al.*, 1985). مطالعات متعددی در رابطه با کاربرد این روش در تشخیص شب‌پره‌های آفت انباری از جمله

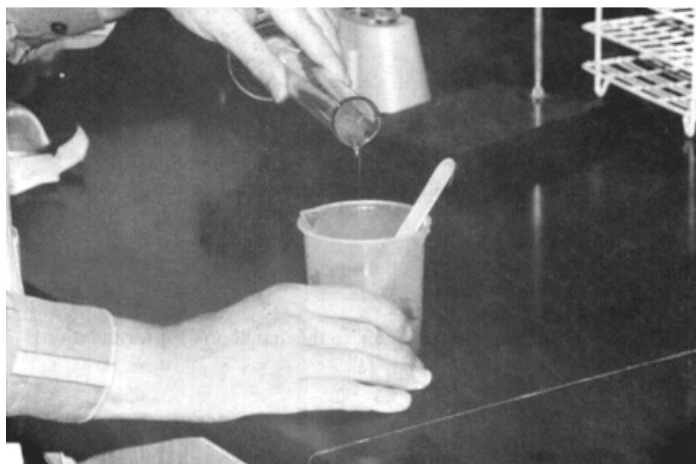
شب‌پره آرد و شب‌پره هندی انجام شده است (Wilkin *et al.*, 1991; 1994; White 1983; Pereira *et al.*, 1994; Subramanyam & Hagstrum, 2000). نمونه‌ای از روش به کارگیری سونداژ در شکل ۲ مشاهده می‌شود.



شکل ۲- نمونه برداری از آفات انباری به طریق سونداژ (عکس از اینترنت)

روش‌های شناور سازی

این روش‌ها جهت تشخیص آلودگی‌های پنهان و درونی مورد استفاده قرار می‌گیرند و به دو گروه استفاده از وزن مخصوص و روش شناورسازی بقایا تقسیم می‌شوند (شکل ۳).



شکل ۳- روش شناورسازی برای تشخیص آفات انباری (عکس از اینترنت)

الف: استفاده از وزن مخصوص

در این روش ماده غذایی انباری درون یک محلول نمکی خاص که وزن مخصوص آن کم‌تر از وزن مخصوص ماده غذایی باشد، شناور می‌شود. از این روش جهت تشخیص انواع دو بالان *Rhagoletis mendax*,

و *Vaccinium angustifolium* (Dixon & Knowlton, 1994)، لارو سوسک‌های آفت انباری از جمله *Zabrotes subfasciatus* و *Callosobruchus* spp., *S. oryzae*, *S. granarium*, *Sitophilus zeamais* استفاده شده است (Richter & Tchalate, 1994; Semple, 1992; Hurlock, 1963; Somerfield, 1989; Pedersen, 1992; Milner *et al.*, 1953).

ب- روش شناورسازی بقایا

در این روش ماده غذایی انباری به وسیله مخلوطی از یک محلول الکلی و روغن معدنی سبک آغشته می‌شود. به گونه‌ای که قطعات بدن و یا فضولات حشراتی که سبک‌تر از ماده غذایی انباری هستند، در سطح مایع شناور گردند. در ایالات متحده از این روش استفاده شده است (AoAC, 1997). پس از شناور شدن قطعات و یا تمام قسمت‌های حشره کامل، لارو یا شفیره، سر حشرات، لارو یا پوسته‌های لاروی یا شفیره، عملیات جداسازی به وسیله کاغذ صافی صورت می‌گیرد و به کمک میکروسکپ شمارش انجام می‌گردد (Thind, 2000; Harris *et al.*, 1952; Russell, 1988; Broder *et al.*, 2002; Xingwei *et al.*, 1999).

روش اسیددهیدرولیز یا شمارش تعداد قطعه

آلودگی آفات در محصولات مختلف را می‌توان با وجود قطعات بدن حشرات نظیر کپسول سر، بال پوش، آرواره‌ها و دیگر قطعات اسکروتینی بدن تشخیص داد. این روش در واقع نوعی روش شناورسازی می‌باشد. با این تفاوت که در این روش فقط از یک نوع نمک ساده بدون تلفیق با روغن معدنی استفاده می‌گردد. این روش برای تشخیص آفات انباری در برخی از محصولات کشاورزی با موفقیت مورد استفاده قرار گرفته است (Bair & kitto, 1992; Gentry *et al.*, 2001; Haris *et al.*, 1952; Glaze & Bryce, 1994; Glaze, 1993; Nakashima, 1994; Dent & Brickey, 1984).

روش رنگ آمیزی

رنگ آمیزی مواد دفعی و تولیدی حشرات (نظیر مدفوع یا تخم) یا مایع بدن (همولنف) یکی از روش‌های تشخیص مراحل پنهان حشرات آفت انباری در محصولات کشاورزی می‌باشد. این روش یک روش

مستقیم برای شناسایی مراحل مختلف رشدی آفات درون محصولات انباری است که به سه شکل متفاوت که در جدول ۳ نشان داده شده است، قابل انجام است.

جدول ۳- تشخیص آلودگی حشرات با کمک روش رنگ آمیزی

منبع	رنگ حاصله	نوع ماده شیمیایی مورد استفاده
1-Specific for weevil egg plugs in grains		
Frankenfeld, 1948	Cherry red	Acid fuchsin
Goossens, 1949	Purple	Gentian violet
Milner <i>et al.</i> , 1950a,b	Greenish yellow	Berberine sulfate
2- Specific for weevil entry holes in pulses		
Frankenfeld, 1948	Black	Iodine- potassium iodide
3- General infestation in whole grains		
Ashman <i>et al.</i> , 1970; Dennis & Decker, 1962	Purple	Ninhydrin

مطابق جدول ۳، روش اول برای تشخیص تخم‌های سرخرطومی‌های *S. oryzae*, *S. granarius* و *S. zeamais* با موفقیت مورد استفاده قرار گرفته است (Reed and Harris, 1953; Fleurat-lessard, 1986; Milner *et al.*, 1950). روش دوم برای تشخیص *R. domenicana*, *C. chinensis* و *S. cerealena* با موفقیت مورد استفاده قرار گرفته است (Dennis and Decker, 1962). روش سوم برای تشخیص حشراتی که دارای ترشحات کتواسیدی هستند، نظیر سوسک‌های Bruchids مورد استفاده قرار گرفته است (Hurlock, 1963; Xingwei *et al.*, 1999).

آنالیز دی اکسید کربن

نسبت دی اکسید کربن تولید شده در یک محصول انباری سالم به دی اکسید کربن تولید شده در سطوح مختلف آلودگی به عنوان شاخصی برای تشخیص آلودگی‌های پنهان به آفات انباری مورد استفاده قرار گرفته است (Howe and oxley, 1944; 1952). البته این نسبت به شرایط مختلفی نظیر میزان رطوبت محصول، مرحله رشدی آفت، وجود سایر عوامل بیولوژیک نظیر کنه‌ها و قارچ‌ها نیز بستگی دارد. محتوای دی اکسید کربن موجود در محصول انباری با استفاده از روش گاسوتریک یا ردیاب مادون قرمز قابل ارزیابی است (شکل ۴). نوع روش مورد استفاده در تعیین سطح آلودگی آفات مؤثر می‌باشد. در جدول ۱ روش تشخیص سطح آلودگی

غلات بر اساس محتوی دی اکسید کربن محصول با استفاده از دو روش مشخص گردیده است. از این روش با موفقیت برای تشخیص انواع آفات انباری از جمله *E. cautella*, *T. castaneum*, *C. dominica*, *S. oryzae* (Zisman & Calderon,) و *R. ferroginecs*, *P. interponctella*, (1991; Xingwei *et al.*, 1999; Hurlock, 1963; Sinha *et al.*, 1986 a, b; Semple, 1992;



شکل ۴- ابزار مورد استفاده در روش آنالیز دی اکسید کربن (عکس از اینترنت)

اندازه گیری اسید اوریک

مواد دفعی حشرات آفت انباری حاوی مقادیری اسید اوریک هستند. در برخی حشرات انواع دیگری از ترکیبات گروه اوره نیز در مواد دفعی آنها وجود دارد. به عنوان مثال در مواد دفعی *E. kuhniella* آمونیاک، *Tenebrio molitor* اوره و آلانتوین و در *C. cephalonia* اوره و زانتین وجود دارد (Bursell, 1967). بر این اساس روش‌های مختلفی به منظور برآورد رابطه بین سطح اسید اوریک و تراکم جمعیت در حشرات آفت انباری در محصولات مختلف مشخص گردیده است که نمونه‌هایی از آنها در جدول ۴ درج گردیده است (Pachla *et al.*, 1987; Benedict & Franke, 1922; Pillai *et al.*, 1975; Venkatrao *et al.*, 1959;) (Mlodecki *et al.*, 1972; Laessig *et al.*, 1972, Roy & Vazquez, 1969;

جدول ۴- روش تشخیص سطح اسید اوریک در مواد غذایی مختلف

روش	نوع محصول	حداقل تراکم قابل تشخیص	منابع
Colorimetry	Cereals	8.0	Majumdar and Agarwal, 1991 Subramanyan <i>et al.</i> , 1955; Venkatrao <i>et al.</i> , 1959
Enzymatic			
<i>A.Direct method</i>			
a.Using UV	Cereal product	100	Farn and Smith, 1963a,b
	Cereal product	0.5	Sen, 1968
b.Colorimetric	Cereal product	32.0	Sen and Smith, 1966
	Cereal product	0.6	Sen and Vazquez, 1969
<i>B.Indirect method</i>			
	Spices	1.0	Brown <i>et al.</i> ,1982
Fluorometry	Cereal product	20.0	Holmes, 1980
	Cereals	0.1	Lamkin <i>et al.</i> , 1991
HPLC			
UV detection	Cereal and cereal products	1.0	Wehling and Wetzel, 1983
Thin layer amperometric detection	Cereal product	2.0	Pachla and Kissinger, 1977
Thin-layer chromatography	Spices	5.0	Sengupta <i>et al.</i> , 1972
Paper chromatography	Cereal product	100	Venkatrao <i>et al.</i> , 1960a
Liquid chromatography	Cereal product	1.0	Wehling <i>et al.</i> , 1984

روش‌های تصویری

آلودگی‌های درونی محصولات کشاورزی را می‌توان بدون آسیب زدن به محصول با استفاده از تکنیک‌های تصویری بر اساس اشعه ایکس، رزونانس هسته‌ای (NMR) و اشعه نزدیک مادون قرمز (NIR) و اسکن کردن به روش توموگرافی برآورد نمود.

الف- استفاده از اشعه ایکس

این روش به صورت موفقیت آمیز برای برآورد جمعیت حشرات مختلف آفت انباری (شکل ۵) از جمله *Cryptorhynchus mangiferae*, *Amyelois transitella*, *S. granarius*, *R. dominica*, *S. cerealella* مورد استفاده قرار گرفته است (Tollner, 1993; Thomas *et al.*, 1995; Milner *et al.*, 1950b; AACC 2000; Karuna karan, 2002; Brader *et al.*, 2002; Schatzki and fine, 1988; Keagy and Schatzki, *et al.*,1993; Kim and schatzki, 2001; Casasent *et al.*, 2001).



شکل ۵- نمونه‌ای از ابزارهای مورد استفاده در تکنیک استفاده از اشعه ایکس (عکس از اینترنت)

ب- اسپکتروسکوپی نزدیک مادون قرمز (NIRS)

روش اسپکتروسکوپی مادون قرمز در صنایع غذایی برای تشخیص مقادیر آب، پروتئین و روغن موجود در مواد غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Williams and Norris, 2001). در این روش از طول موج‌های بین ۷۰۰ تا ۲۵۰۰ نانومتر استفاده می‌شود. بقایای حشرات موجود در مواد غذایی نیز از طریق NIRS قابل تشخیص است. نوع همولنف، چربی‌ها یا کتین بدن حشرات در تعیین طول موج مناسب برای کاربرد این روش تاثیر می‌گذارند. از آن‌جا که در بافت قارچ نیز کتین وجود دارد، از این روش برای تشخیص آلودگی‌های قارچی محصولات کشاورزی انباری نیز استفاده می‌کنند. روش NIRS به صورت موفقیت آمیز نیز برای وجود کنه آرد *O. surinamensis*, *S. granarius*, *R.domenica* و حشرات مختلف آفت انباری از جمله *Acarus sire*, *S. cerealella*, *P. truncatus*, *Sitophilus spp.*, *Tribolium spp.*, *S. oryzae*, *Amyelois transitella*, *Drosophila melanogaster* و *Plodia interpunctella* مورد استفاده قرار گرفته است (Dowell et al., Chambers, 1999; Perez-mendoza, Burks et al., 2000; Wilkin et al., 1986; Throne et al., 2003; & Ridgway, 1996; 1998; 2001; Dowell et al., 1998; Chambers et al., 1998; Ridgway et al., 2001; 2002; Zayas and flinn, 1998; Chambers et al., 2001;).

وسیله‌ای که برای ثبت طیف نور مورد استفاده قرار می‌گیرد، اسپکتروفوتومتر نامیده می‌شود (شکل ۶). خصوصیات کمی مقدار و تراکم یک ماده در حجم معینی از طریق اسپکتروسکوپی قابل اندازه‌گیری می‌باشد. به طور کلی صفات قابل اندازه‌گیری به چهار گروه کلی تقسیم می‌شوند (Williams & Norris, 2001). تجزیه و تحلیل کمی در یک نمونه براساس قانون بیر^۱ و لامبرت^۲ می‌باشد. بر اساس قانون بیر، وقتی غلظت یک نمونه به طور تصاعد حسابی افزایش می‌یابد، شدت پرتو نور تک‌رنگ به طور نمایی کاهش می‌یابد. طبق قانون لامبرت نیز هرگاه نور تک‌رنگ از میان یک محیط شفاف عبور کند، هر لایه از محیط همان نور تابیده شده را جذب می‌کند. این قانون را از نظر ریاضی می‌توان این گونه بیان کرد:

در این جا I_i شدت نور تابیده شده و I_t شدت نور منتقل شده، T انتقال برابر با $\frac{I_i}{I_t}$ است. نمودار کالیبراسیون غلظت‌های مختلف به وسیله طرح جذب کننده در مقابل غلظت تهیه می‌شود. جذب نمونه از روی نمودار خوانده می‌شود و مقدار غلظت معین می‌گردد (Williams and Norris, 2001).



شکل ۶- نمونه اسپکتروفوتومتر مورد استفاده در تشخیص آفات انباری (عکس از اینترنت)

- مقدار پرتو الکترو مغناطیسی ساطع شده و جذب شده که این روش تحت عنوان اسپکتروسکوپی الکترو مغناطیسی نامیده می‌شود.

1- Beer 2- Lambert

- تغییرات فرکانس امواج صوتی که این روش تحت عنوان اسپکتروسکوپی صوتی یا مکانیکی دینامیکی نامیده می‌شود.
 - کاهش انرژی ذرات از طریق محاسبه کاهش انرژی الکترون‌های ساطع شده و جذب شده که این روش تحت عنوان اسپکتروسکوپی اوگ الکترون¹ نامیده می‌شود.
 - اندازه گیری جرمی که توانایی یونیزه کردن مولکول‌ها و اتم‌ها را در اثر برخورد با آن‌ها دارد که این روش تحت عنوان اسپکتروسکوپی جرمی نامیده می‌شود. هر کدام از این گروه‌های چهار گانه دارای زیر مجموعه روش‌های خاص خود می‌باشند. اما در میان کل روش‌های موجود چهار روش زیر بیش تر از سایر روش‌ها در مدیریت آفات انباری کاربرد دارند (Williams and Norris, 2001).
- این نوع اسپکتروسکوپی برای اندازه گیری انواع پیوندهای اتمی با فرکانس‌های متفاوت به خصوص در مواد شیمیایی آلی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

1. Thermal infrared spectroscopy

این روش برای تعیین پیوندهای موجود در نمونه‌های مواد آلی بیوشیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

2. Nuclear magnetic resonance spectroscopy (NMR)

این روش برای آنالیز هسته‌های اتم‌ها و تشخیص پیوندهای هیدروژن-کربن و کربن با سایر مواد که در ترکیبات آلی وجود دارد، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

3. Near infrared spectroscopy (NIRS)

در این روش از پرتو نزدیک قرمز (مادون قرمز) الکترو مغناطیسی با طول موج حدود ۱۰۰۰ تا ۲۵۰۰ نانومتر استفاده می‌شود. این روش به طور عمومی در تحقیقات اسپکتروسکوپی کشاورزی به خصوص در تحقیقات حشره‌شناسی کاربرد فراوان دارد. به طور کلی، Near-infrared (NIR) تکنیکی است که مراحل مختلف زندگی حشره (تخم، لارو، شفیره و حشره کامل) را ارزیابی می‌نماید و مشاهده تفاوت گونه‌های مختلف و افزایش هجوم حشرات را با وجود طیف‌های مختلف آسان تر می‌کند (Williams & Norris, 2001).

زمانی که یک پرتو با طول موج مشخص از طریق دستگاه NIRS بر روی یک نمونه از محصول انباری ساطع می‌گردد، نور منعکس شده از نمونه در اثر برخورد با محصول با خصوصیات شیمیایی مشخص از نظر طول موج

1- Auge electron spectroscopy

تغییر پیدا کرده و مجدداً توسط دستگاه جذب و انرژی و طول موج آن اندازه گیری می شود (Ridgway *et al.*, 2001).

در تجزیه و تحلیل، انعکاس‌های نوری ترکیبی حاصل از NIRS که به وسیله اسپکتروفتومتر جمع آوری می‌گردد، میزان جذب انرژی در نمونه‌ها اندازه‌گیری می‌شود و مقادیر حاصل از جذب در چندین نمودار نشان داده می‌شود. این تفاوت در میزان جذب می‌تواند با غلظت خاص اجزای تشکیل دهنده نمونه مرتبط باشد. زیرا ترکیب شیمیایی کوتیکول هر یک از گونه‌های حشرات منحصر به فرد است که باعث جذب انرژی NIR شده و همین تفاوت‌ها می‌تواند باعث تشخیص بین گونه‌های مختلف حشرات و نیز دانه‌های سالم از دانه‌های آلوده شود (Williams & Norris, 2001).

سیستم NIR قدرت تشخیص تفاوت چربی‌های کوتیکولی مختلف گونه‌های حشرات را دارد اما کتین موجود در داخل کوتیکول را تشخیص نمی‌دهد. ترکیبات دیگری از کوتیکول حشرات که می‌تواند در شناسایی به کار رود شامل Pigments, Catachols, Protein و Oxalates است (Williams & Norris, 2001). در کوتیکول حشرات، پروتئین سخت‌شونده (Sclerotin)، در یک سری خصوصیات با ملانین (Melanine) شباهت دارد که به طور مثال تیرگی رنگ و یا مقاومت زیاد در برابر محلول‌ها و معرف‌های شیمیایی مختلف را می‌توان نام برد. در واقع اسکروتین به یک گروه از پیگمان‌ها (Pigment) اطلاق می‌شود که توسط واکنش بین یک پروتئین و یک کینون تشکیل می‌شود. در حالی که ملانین رنگ دانه‌ای است که در طی فعل و انفعالات پیچیده اکسیداسیون آنزیمی تیروزین (Tyrozine) در کنار اسکروتین قرار می‌گیرد. تفاوت‌های زیادی بین جذب طیف اسپکتروفتومتر توسط اسکروتین و ملانین وجود دارد (Burks *et al.*, 2000).

بنابراین بر اساس تفاوت در ترکیب شیمیایی کوتیکول هر حشره با گونه دیگر و همچنین تراکم جمعیت مراحل مختلف رشدی هر گونه درون محصول انباری، سطح انرژی و طول موج تثبیت شده متفاوت خواهد بود (Ridgway *et al.*, 2001). قبل از کاربرد این روش در هر نوع محصول انباری نیاز به یک سری

مطالعات مقدماتی می‌باشد. مهم‌ترین هدفی که در این مطالعات مقدماتی پیگیری می‌شود، این است که مشخص گردد حداقل تراکمی که از طریق این روش قابل تشخیص است چه سطحی می‌باشد.

انواعی از دستگاه‌ها برای کاربرد اختصاصی در مدیریت آفات به‌منظور تعیین سطح آلودگی طراحی شده‌اند و در سطح تجاری مورد استفاده قرار گرفته‌اند که بعضی از انواع آن‌ها به شرح زیر معرفی می‌گردند:

(1) **Lixi fluoroscope مدل LX-۸۵۷۰۸**: در این دستگاه از اشعه ایکس برای اسپکتروسکوپی نمونه‌های آلوده استفاده می‌شود. از این دستگاه می‌توان در تعیین سطح آلودگی محصولات انباری در شرایطی که جمعیت آفت مخلوطی از مراحل رشدی تخم، لارو، شفیره و حشره کامل می‌باشد، استفاده نمود. نمونه‌های انباری ابتدا به مدت ۴۸ ساعت درون فریزر قرار داده می‌شود تا یخ زده و از کشته شدن کلیه حشرات بالغ اطمینان حاصل شود. سپس به مدت ۳۶ ساعت در درجه اتاق نگهداری گردیده و مراحل اسپکتروسکوپی پیگیری می‌گردد (Williams and Norris 2001).

(۲) **Foss NIR Systems 6500 مدل Silver spring Md**: این دستگاه توانایی پردازش پرتوهای با طول موج بین ۴۰۰ تا ۲۵۰۰ نانومتر را دارد. قدرت تفکیک این دستگاه ۲ نانومتر می‌باشد و حداکثر ۰/۵+ نانومتر خطا نشان می‌دهد. برای تعیین سطح آلودگی نمونه‌های به وزن ۳۵ گرم از محصول انباری تهیه شده به مدت ۳۲ ثانیه در معرض تشعشع قرار داده می‌شوند. سطح جذب دستگاه با استفاده از رابطه زیر بر آورده می‌گردد (Williams and Norris, 2001).

$$A = \log(1/R)$$

در این رابطه **R** طول موج ثبت شده توسط دستگاه پس از تابش و انعکاس از روی محصول انباری آلوده

می‌باشد (Williams and Norris, 2001).

(۳) **Perten Instruments spring fields مدل Skcs ۴۱۷۰**: در تحقیقی که به‌وسیله Dowell و همکاران در سال ۱۹۹۸ انجام شده، از این سیستم در توصیف خصوصیات نمونه‌های تفکیک شده به طور اختصاصی، از

طریق مجموعه طیف‌هایی که به‌صورت اتوماتیک، جداسازی و تهیه شده‌اند، استفاده می‌شود که طیف‌های جمع‌آوری شده برای هر دانه در محدوده ۴۰۰ تا ۱۷۰۰ نانومتر در یک هارد دیسک ذخیره می‌گردند.

این سیستم NIR اتوماتیکی دانه‌ها، برای تشخیص و جدا کردن دانه‌های گندم آلوده به آفات زنده یا مرده در طول یک دوره انبارشدگی معین به کار می‌رود (Williams and Norris, 2001).

ج- اسپکتروسکوپی رزونانس هسته‌ای

از روش اسپکتروسکوپی رزونانس هسته‌ای برای تعیین ترکیب و ساختمان ترکیبات بیوشیمیایی استفاده می‌گردد. این روش جهت تشخیص حشرات کامل *S. oryzae*، لاروهای *T. castaneum* و مراحل پنهان *S. granarius* با موفقیت استفاده شده است (Street, 1971; Chambers et al., 1996).

روش‌های سرولوژیکی

نوع و فراوانی حشرات آفت انباری را می‌توان با استفاده از روش‌های سرولوژیکی و برآوردهای ایمنولوژیکی درون محصولات کشاورزی انباری برآورد نمود. تکنیک‌های مختلفی نظیر اینمودیفیوژن، ایمنوازموفوریز و الایزا (شکل ۷) از جمله روش‌های سرولوژیکی هستند که در حشره‌شناسی برای تشخیص گونه‌های مختلفی از خانواده‌های متفاوت مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Rotundo and Tremblay, 1980). از این تکنیک برای تشخیص باقی‌مانده سموم و زهرابه‌های قارچی باقی‌مانده در مواد غذایی نیز استفاده شده است. امروزه از این تکنیک دقیق جهت تشخیص آلودگی‌های پنهان به آفات انباری نظیر آلودگی محصولات انباری به سوسک‌های *Sitophilus spp.* *R. dominica*, *D. melanogaster*, *P. interponctella*, *T. confusum*, *E. elutella*, *S. oryzae*, *S. granarius* با موفقیت و دقت بالا استفاده شده است (Johnson et al., 1973; 1971, Quinn et al., 1992; Browning et al., 1987; Schatzki et al., 1993; Martin et al., 1991; 1994, al., 1992; Chen and kito 1993; Staurt et al., 1994; Rotundo et al., 2000; Germinara et al., 2000; Bair and kito 1992;).



شکل ۷- نمونه‌ای از دستگاه ELIZA مورد استفاده در تشخیص سرولوژیکی آفات انباری
(عکس از اینترنت)

روش انکوباسیون

آلودگی‌های پنهان در محصولات کشاورزی انباری را می‌توان از طریق نگهداری آن‌ها درون انکوباتور در شرایط درجه حرارت ۲۵-۳۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۰ درصد و مشاهده ظهور حشرات کامل مورد ارزیابی قرار داد. طول دوره نگهداری را معمولاً ۳ الی ۴ روز در نظر می‌گیرند. این تکنیک روشی کند بوده و به طول دوره زندگی حشره آفت انباری، درجه حرارت و رطوبت نگهداری و همچنین به محتوای رطوبت نسبی محصول انباری وابسته است. از این روش برای ارزیابی آلودگی به *S. granarius*, *R. dominica*, *S. cerealella*, *C. chinensis*, استفاده شده است (Semple, 1992; Xingwei et al., 1999).

استخراج حرارتی

مراحل بالغ و لاروهای متحرک حشرات آفت انباری را می‌توان به کمک یک کیف برلیز مجهز به منبع حرارت ۷۰ تا ۷۵ درجه سانتی‌گراد از توده محصول انباری آلوده جداسازی کرد. این روش در مواردی کاربرد دارد که رطوبت نسبی محصول ۱۴ درصد و یا کم‌تر باشد (Smith, 1977). از طرف دیگر تراکم قابل برآورد در این روش به اندازه نمونه و محتوای رطوبت نسبی محصول مورد ارزیابی وابسته است. از این تکنیک جهت ارزیابی آلودگی به آفات مختلفی نظیر *Ephestia* و *C. ferrugineus*, *C. cephalonica*, *P. interpunctella*, spp استفاده گردیده است (Wilkin et al., 1994; Minkevich et al., 2002).

روش پتانسیل الکتریکی

آلودگی‌های پنهان به حشرات آفت انباری را می‌توان به روش الکتریکی و با اندازه‌گیری مقاومت ظرفیت الکتریکی مورد ارزیابی قرار داد. وجود آلودگی حشرات درون بافت محصول کشاورزی انباری منجر به تغییر ظرفیت الکتریکی آن نسبت به محصول سالم می‌گردد. عوامل مختلفی نظیر نوع محصول، محتوای رطوبت نسبی، تراکم و نوع آفت انباری در بروز این تغییرات مؤثر است. نحوه خسارت‌زایی و ایجاد نقب توسط لارو حشرات آفت انباری منجر به تغییر ظرفیت الکتریکی می‌گردد. با داشتن منحنی استاندارد و تغییرات تراکم در مقابل تغییرات ظرفیت الکتریکی می‌توان وجود یا عدم وجود آلودگی و فراوانی آن را مشخص نمود (Wirtz and shellenberger, 1963).

روش ترانسپرانسی

در روش ترانسپرانسی با روش آلکالی، کل نمونه محصول انباری آلوده درون محلول هیدروکسید سدیم یا پتاسیم جوشانده می‌شود. به صورتی که بافت آن از هم پاشیده و مراحل رشدی مخفی حشرات درون مخلوط حاصله ظاهر گردند. سپس به کمک یک محلول غیر قطبی از جمله فنل، اسید لاکتیک، گلیسرین همراه با آب و با استفاده از کیف برلیز نسبت به جداسازی مراحل رشدی اقدام می‌گردد. این روش برای جداسازی لارو، حشرات کامل و شفیره آفات انباری مناسب می‌باشد (Keppel and Harris, 1953).

تکنیک موج الکتریکی

تکنیک موج الکتریکی در صنعت به منظور بررسی میزان تازگی محصول انباری، کیفیت گوشت انباری، میزان رسیدگی میوه‌جات، کیفیت قهوه و چای مورد استفاده قرار می‌گیرد (Magan, 2001). این تکنیک به وسیله یک ماشین الکتریکی که دارای سنسور گازی ویژه‌ای است، انجام می‌شود. موج حاصل از عبور یک ولتاژ از درون محصول انباری دریافت می‌کند و با تغییرات الکتریکی حاصله به یک ولتاژ خوان منتقل می‌شود و از آن‌جا به یک دستگاه رایانه‌ای انتقال می‌یابد و داده‌های حاصله ثبت می‌شود. نوع چربی‌ها، قندها، پروتئین‌ها، الکل‌ها، کتون‌ها و انواع پلی‌مرهای آلی موجود در بافت محصول از جمله کتین موجود در

بدن حشرات و یا سایر ترکیبات موجود در همولنف حشرات آفت انباری میزان ولتاژ و داده‌های ثبت شده را تحت تاثیر قرار می‌دهد. با مشاهده تغییرات حاصله می‌توان نوع و فراوانی آفت انباری را در نمونه مورد آزمایش مشخص نمود. از این روش به صورت موفقیت آمیز برای شناسایی و بررسی میزان آلودگی محصولات مختلف انباری به کنه آرد *Acarus ciro* استفاده گردیده است (Borjesson *et al.*, 1989; Ridgway *et al.*, 1999; Magan, 2001).

روش فلورسانت

چنانچه قطعات بدن حشره در بافت ماده غذایی به وسیله کریستال بنفش رنگ آمیزی شود، به راحتی از طریق قرار دادن برش‌های نازک ماده غذایی انباری در زیر نور ماورای بنفش، آفات قابل تشخیص خواهند بود. از این تکنیک برای تشخیص آلودگی به حشرات آفت انباری نظیر *T. castaneum*, *C. cephalonica* و *O. surinamensis* استفاده گردیده است (Abels & ludesder, 1966; Ashman, 2003).

تکنیک واکنش زنجیره پلی‌مراز

در تحقیقات انجام شده مشخص گردیده است که تراکم آفات انباری *R. dominica* و *Sitophilu spp.* در حد بسیار کم (یک عدد لارو در کیلوگرم) چه به صورت زنده و چه به صورت مرده از طریق مارکرهای DNA با استفاده از روش PCR قابل شناسایی می‌باشند (Phillips and Zhao, 2003).

استفاده از انواع تله‌ها

حشرات بالغ آفت انباری درون انبار در پاسخ به محرک‌های تغذیه‌ای یا فرمون‌های منتشر شده توسط سایر حشرات بالغ در اطراف محصول پرواز کرده و جا به جا می‌شوند. از طرف دیگر مرحله حشره کامل و لارو بسیاری از حشرات آفت انباری تحت تاثیر رفتار پراکنش خود جا به جا می‌شوند و یا محل‌های خاصی را برای سفیره شدن انتخاب می‌کنند. بر اساس رفتار تحرک و پرواز حشرات، نوع خاصی از روش نمونه‌برداری شکل می‌گیرد و آن استفاده از تله‌ها (شکل ۸) در ارزیابی نوع و فراوانی آفات انباری می‌باشد (Barak *et al.*, 1990, Wright 1989; Reed *et al.*, 1991; Cogan & Watefield 1987; Hagstrum *et al.*, 1990a).

تله‌ها را به طور کلی به دو گروه تقسیم می‌کنند. در جدول ۵ فهرست انواع تله‌های مناسب برای آفات انباری درج گردیده است.

جدول ۵- انواع تله‌های مورد استفاده برای گروه‌های مختلف آفات انباری

نوع تله	قابل کاربرد برای:				
	Beetles	Moths	Crawling insects	Flying insects	Adults Larvae
Physical traps (unbaited traps)					
Sticky trap	*	*		*	*
Refuge trap	*				*
Pitfall trap	*				*
Probe trap	*				*
Pitfall cone trap	*				*
Electronic grain probe	*				*
Multiple funnel trap	*	*		*	*
Attractant traps (baited trap)					
Light trap	*	*		*	*
Food-baited traps					
Involving					
Broken grains	*				*
Plant oils	*				*
Solvent extracts of grains	*				*
Pheromone traps					
Involving					
Sex pheromones	*	*		*	*
Aggregation pheromones	*		*	*	*

الف- تله‌های بدون عامل جاذب

این نوع تله‌ها بدون هر گونه عامل جلب کننده بوده و تحرک طبیعی حشرات آفت انباری برای جستجوی غذا، جفت گیری، اجتناب از دشمنان طبیعی و سایر شرایط محیطی باعث به تله افتادن حشره آفت انباری می‌گردد. این تله‌ها خود دارای انواعی نظیر تله‌های چسبنده که تاکنون در برآورد جمعیت حشرات مختلف آفت انباری نظیر *R. dominica*, *S. cerealella*, *P. interpunctella*, *T. Ephestia* spp. (Soderstarm *et al.*, 1987; Hagstrum *et al.*, 1994; Stejskal, *et al.*, 1995) قرار گرفته‌اند. *castaneum*, (Vick *et al.*, 1990; Rejesus & Butuason, 1989; Phillips *et al.*, 2000). تله‌های فراری دهنده

که باعث فراری دادن حشرات از محل‌های پنهان می‌گردند، تاکنون در برآورد تراکم جمعیت انواع *Ephestia* spp. مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Burkholder, 1984). تله‌های چاله‌ای که جهت برآورد تراکم جمعیت *O. surinamensis*, *Cryptolestes* spp., (Chambers 2003; Subramanyam et al., 1989; Cogan and Wakefield, 1987; al., 1989). از انواع دیگر این نوع تله‌ها می‌توان به تله‌های سوندی، تله‌های سوندی الکتریکی (Shuman et al., 1996; Vicke et al., 1991; Wei et al., 1999) و سایر موارد اشاره نمود.

ب- تله‌های دارای عامل جاذب

در این نوع تله‌ها از نوعی عامل جلب‌کننده نظیر نور، مواد غذایی و یا فرمون استفاده می‌شود. بر این اساس تله‌های مزبور را می‌توان به سه دسته تقسیم نمود:

۱- تله‌های نوری

در این نوع تله‌ها از نور با طول موج ۲۸۰ تا ۶۰۰ نانومتر و یا نور UV با طول موج ۳۶۵ نانومتر و یا نور با طول موج ۵۰۰ تا ۵۶۰ نانومتر استفاده می‌شود (Gilbert 1984, Röss 1985).

۲- تله‌های غذایی

تله‌های غذایی اختصاصی نبوده و در آن‌ها از مواد غذایی ارزان قیمت برای جلب حشرات آفت انباری استفاده می‌گردد. ماده جلب‌کننده غذایی از نوع مواد جامد و یا مایع می‌باشد. این نوع تله‌ها تاکنون در برآورد تراکم جمعیت آفات انباری *S. zeamais*, *R. dominica*, *C. cephalonica*, *E. cautella*, *C. ferrugineus*, *O. surinamensis* و *T. castaneum*, *T. granarium*, *S. granarius*, *A. advena*, *S. oryzae*, (Pinniger, 1991; Strong, 1980; Hodges et al., 1985; Haines et al., 1991; Barak, 1989; Dowdy et al., 1993; Fadariniro et al., 1998; Obeng-ofori, 1993; Wakefield, 1975; Yamamoto et al., 1999).

۳- تله‌های فرمونی

در این نوع تله‌ها از مواد بیوشیمیایی به نام فرمون که به صورت درون گونه‌ای عمل می‌کنند و نقش جنسی، تجمعی و یا دفاعی دارند؛ استفاده می‌شود. در جدول ۶ مهم‌ترین آفات انباری و فرمون‌های آنها که در برآورد تراکم جمعیت شان مورد استفاده قرار گرفته‌اند، درج گردیده است (Plare & pinniger, 1991; Hick *et al.*, 1997; Anon, 2003; Ress 1999a,b; Cox & Collins, 2002; vander wel, 1999; Chambers, 2003; (Boden *et al.*, 1997; Dandy *et al.*, 1991; Campbell *et al.*, 2002; Mullan *et al.*, 1998

جدول ۶- مهم‌ترین فرمون‌های حشرات آفت انباری قابل کاربرد در تله‌های فرمونی

حشره/نوع فرمون	نام فرمون	ترکیب فرمون
Aggregation pheromones		
<i>Rhyzopertha dominica</i>	Dominicalure-1 Dominicalure-2	1-methybutyl 2-methyl-2-pentenoate 1-methybutyl 2,4 methyl-2-pentenoate
<i>Prostephanus truncates</i>	Trun-call-1 Trun-call-2	1-methybutyl 2-methyl-2-pentenoate 1-methybutyl 2,4 methyl-2-pentenoate
<i>Tribolium castaneum</i>	Tribolure	4,8-dimethyldecenal
<i>Sitophilus oryzae</i>	Sitophinone	5-hydroxy-4-methyl-3-heptanone
<i>Oryzaephilus surinamensis</i>	Cucujolide TV	(Z,Z)-3,6-Dodecen 11-olide
<i>O. Mercator</i>	Cucujolide II	(Z)-3-Dodecen-11-olide
<i>Cryptolestes ferrugineus</i>	Cucujolide I	(E,E)-4-8-Dimethyl-4-8-decadien-10-olide
Sex pheromones		
<i>Lasioderma serricorne</i>	Serricornin	4,6-dimethyl-7-hydroxy-3-nonanone
<i>Stegobium paniceum</i>	Stegobinone	2,3-dihydro-2,3,5-trimethyl-6(1-methyl-2-oxobutyl-4H-pyran-4-one
<i>Trogoderma granarium</i>	Trogodermal	1,4-dihyl-8-hexadecenal
<i>Acanthoscelides obtectus</i>		Methyl (E)-2,4,5-tetradecatrienoate
<i>Callosobruchus chinensis</i>	Erectin (callosobruchusic Acid+mixture of Other compounds)	(E)-3,7-dimethyl-2-octene-1,8-dioic Acid; a mixture of methyl branched, long- Chain hydrocarbons
<i>Plodia interpunctella</i>	ZETA	(Z,E)-9,12-tetradecadienyl acetate
<i>Sitotroga cerealella</i>	HAD	Z,E,7-11-hexadecadienyl acetate
<i>Ephestia spp.</i>	TDA	(Z,E)-9,12- tetradecadien-1-ol-acetate



تله نوری



تله چاله‌ایی



تله چسبنده



تله غذایی

شکل ۹- انواع تله‌های مورد استفاده در ردیابی آفات انباری (عکس از اینترنت)

تکنیک‌های صوتی

حشرات آفتی که درون محصولات کشاورزی انباری زندگی و تغذیه می‌نمایند، انواع مختلفی از صداها، ارتعاشات و امواج اولتراسونیک تولید می‌کنند که با ابزارهای مناسب قابل اندازه‌گیری هستند. در جدول ۷ انواع صداها تولید شده توسط گونه‌های مختلف حشرات آفت انباری در محصولات مختلف درج گردیده است. روش‌های مختلف جهت تشخیص تراکم آفات انباری از طریق تقویت صداها حرکت و تغذیه لارو آن‌ها درون محصول وجود دارد (Shade, 1924; Adame *et al.*, 1953; Bailey & McCabe, 1965; Brain, 1924; Adame *et al.*, 1953; Bailey & McCabe, 1965; Shade *et al.*, 1990; Hagstrum *et al.*, 1988; Webb *et al.*, 1985; Betts, 1991; Litzkow *et al.*, 1990; Hickling, 1997a,b; Mankin *et al.*, 1996; Vick *et al.*, 1988a, b; Spangler, 1985; Flinn 1993).

جدول ۷- صداهای و ارتعاشات تولید شده توسط انواع حشرات آفت انباری

Type of sound/vibration	Life stage	Species	Commodity
Feeding noise	Larvae	<i>Sitophilus oryzae</i> , <i>R. dominica</i> , <i>Sitotroga cerealella</i> <i>Drosophila</i> spp.	Cereals Grapefruit, mangoes
Probing for oviposition	Adults	<i>Sitophilus oryzae</i> , <i>S. zeamais</i> , <i>S. granarius</i>	Cereals
Boring activity	Adults	<i>R. dominica</i> <i>Prostephanus truncates</i>	Cereals Maize
Ultrasonic signals	Larvae	<i>Callosobruchus</i> spp.	Pulses
Mechanical vibrations due to movement	Adults and larvae	<i>S. oryzae</i> , <i>S. zeamais</i> , <i>S. granarius</i> , <i>T. castaneum</i>	Cereals
Ultrasonic pulses due to calling behavior	Adults	<i>Corcyra cephalonica</i> , <i>Ephestia</i> spp. <i>Plodia interpunctella</i>	Cereals

مشکلات متعددی در کاربرد این روش وجود دارد. از جمله این که مراحل نظیر تخم، شفیره و لاروهای کوچک ایجاد صدا نمی‌کنند. بنابراین با این روش قابل تشخیص نیستند. فاصله سنسورهای دریافت صدا تا محل قرار گرفتن حشرات در دریافت فرکانسها محدودیت ایجاد می‌کند و اغلب نباید بیش‌تر از ۱۵۰ سانتی‌متر باشد. فعالیت حشرات و به دنبال آن میزان صدای تولید شده ناشی از آن تحت تاثیر رطوبت و حرارت محیط قرار دارد و در این روش نوع حشره آفت انباری قابل تشخیص نیست.

- Abdel-Rahman, H. A., Christensen, C. M., and Hudson, A. C. 1969. The relationship between *Plodia interpunctella* (Hb.) (Lepidoptera: Phycitidae) and stored-grain fungi. *J. Stored Prod. Res.* 4, 331–337.
- Abels, J. P. and Ludescher, R. D. 2003. Native fluorescence from juvenile stages of common food storage insects. *J. Agric. Food Chem.* 51, 544–549.
- Adams, R. F., Wolf, J. E., Milner, M., and Shellenberger, J. A. 1953. Aural detection of grain infested internally with insects. *Science* 118, 163–164.
- American Association of Cereal Chemists. 2000. “Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists”. American Association of Cereal Chemists, MN.
- Anon. 2001. “The Prevention of Food Adulteration Act, 1954”. Eastern Book Company, Lucknow, India. 216 S. RAJENDRAN
- Anon. 2003. The practical use of pheromones: Part 2. *Fumigants Pheromones* 67, 1–3, 11.
- Arbogast, R. T. and Mankin, R. W. 1999. The utility of spatial analysis in management of storage pests. In “Stored Product Protection: Proceedings of the 7th International Working Conference on Stored-product Protection” (J. Xuxun, L. Quan, L. Yongsheng, T. Xianchang, and G. Lianghua, eds), pp. 1519–1527. Sichuan Publishing House of Science & Technology, Chengdu, China.
- Arora, A., Dinger, R., and Srivastava, S. 1993. Changes in physico-chemical properties of sorghum grain and germination due to storage and insect infestation. *Bull. Grain Technol.* 31, 124–128.
- Ashman, F. 1966. Inspection methods for selecting insects in stored products. *Trop. Stored Prod. Inf.* 12, 481–494.
- Ashman, F., Elias, D. G., Ellison, J. F., and Spratley, R. 1970. Ashman-Simon infestation detector: An instrument for detecting insects within foodgrains. *Trop. Stored Prod. Inf.* 19, 15–19.
- Association of Official Analytical Chemists. 1997. “Official Methods of Analysis”. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- Bailey, S. W. and McCabe, J. B. 1965. The detection of immature stages of insects within grains of wheat. *J. Stored Prod. Res.* 1, 201–202.
- Bair, J. and Kitto, G. B. 1992. New methods for rapid determination of insects in grain. In “Proceedings of GEAPS Exchange (1992), 63rd Annual International Technical Conference and Exposition of GEAPS”, pp. 85–94. Grain Elevator and Processing Society, Minneapolis, MN.
- Barak, A. V. 1989. Development of a new trap to detect and monitor Khapra beetle. *Trogoderma granarium*. *J. Econ. Entomol.* 82, 1470–1477.
- Barak, A. V., Burkholder, W. E., and Faustini, D. L. 1990. Factors affecting the design of traps for stored-product insects. *J. Kansas Entomol. Soc.* 63, 466–485.
- Benedict, S. R. and Franke, E. 1922. A method for the direct determination of uric acid in urine. *J. Biol. Chem.* 52, 387–395.
- Betts, W. B. 1991. Apparatus for detecting insect-induced vibrations in particulate matter. U.S. patent no. 4991439. February 12, 1991.
- Boden, C. D. J., Chambers, J., McGreevy, P. B., Dendy, J. A., and Stevens, I. 1997. Lactone insect lures. U.S. patent no. 5656260, August 12, 1997.
- Bonafaccia, G., Montalbano, S., and Cannavacciuolo, F. 1999. Investigation on solid impurities in pasta samples. *Tecnica Molitoria* 50, 505–515.
- Borjesson, T., Stollman, U., Adamek, P., and Kaspersson, A. 1989. Analysis of volatile compounds for detection of moulds in stored cereals. *Cereal Chem.* 66, 300–304.
- Bowditch, T. G. and Madden, J. L. 1996. Spatial and temporal distribution of *Ephestia cautella* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) in a confectionary factory: Causal factors and management implications. *J. Stored Prod. Res.* 32, 123–130.
- Boxall, R. A. 1991. Postharvest losses to insects—a world overview. In “Biodeterioration and Biodegradation” (H.W. Rossmore, ed.), pp. 160–175. Elsevier, Barking, UK.
- Brader, B., Lee, R. C., Plarre, R., Burkholder, W., Kitto, G. B., Kao, C., Polston, L., Dorneanu, E., Szabo, I., Mead, B., Rouse, B., Sullins, D., and Denning, R. 2002. A comparison of screening methods for insect contamination in wheat. *J. Stored Prod. Res.* 38, 75–86.
- Brain, C. K. 1924. Preliminary note on the adaptation of certain radio principles to insect investigation work. *Ann. Univ. Stellenbosch Ser. A2*, 45–47.
- Brown, S. M., Abbott, S., and Guarino, P. A. 1982. Screening procedure for uric acid as indicator of infestation in spices. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 65, 270–272.
- Browning, K., Lax, S., and Ravel, J. 1987. Identification of two messenger RNA cap binding proteins in wheat germ. *J. Biol. Chem.* 262, 11228–11232.

- Burkholder, W. E. 1984. Use of pheromones and food attractants for monitoring and trapping stored-product insects. In "Insect Management for Food Storage and Processing" (F.J. Baur, ed.), pp. 69–86. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.
- Burks, C. S., Dowell, F. E., and Xie, F. 2000. Measuring fig quality using near-infrared spectroscopy. *J. Stored Prod. Res.* 36, 289–296.
- Bursell, E. 1967. The excretion of nitrogen in insects. *Adv. Insect Physiol.* 4, 33–67.
- Campbell, J. F., Mullen, M. A., and Dowdy, A.K. 2002. Monitoring stored-product pests in food processing plants with pheromone trapping, contour mapping and mark-capture. *J. Econ. Entomol.* 95, 1089–1101.
- Chambers, J. 2003. Where does pest detection research go next? In "Proceedings of the 8th International Working Conference on Stored-product Protection" (P.F. Credland, D.M. Armitage, C. H. Bell, P. M. Cogan, and E. Highley, eds), pp. 103–109. CAB International, Wallingford, UK.
- Chambers, J., VanWyk, C. B., Baker, C. W., and Barnes, R.J. 1992b. NIR analysis for the detection of insect pests in cereal grains. In "Proceedings of the International DiVuse Spectroscopy Conferences, August 1992" (R.A. Taylor, ed.), pp. 96–100. The Council of Near Infrared Spectroscopy, Gaithersburg, MD.
- Chambers, J. and Ridgway, C. 1996. Rapid detection of contaminants in cereals. In "Near Infrared Spectroscopy. The Future Waves" (A.M.C. Davies and P. Williams, eds), pp. 484–489. NIR Publications, Chichester, UK.
- Chambers, J., Ridgway, C., and Davies, E. R. 2001. Design of an Integrated Machine Vision System Capable of Detecting Hidden Infestation in Wheat Gains. Home-Grown Cereals Authority Project report no. 262. London, UK.
- Chambers, J., Ridgway, C., Davies, E.R., Mason, D. R., and Bateman, M. W. 1998. Rapid Automated Detection of Insects and Certain Other Contaminants in Cereals. Home-Grown Cereals Authority Project report no. 152. London, UK.
- Chen, W. M. and Kitto, G. B. 1993. Species-specific immunoassay for *Sitophilus granarius* in wheat. *Food Agric. Immunol.* 5, 165–175.
- Cogan, P. M. and Wakefield, M. E. 1987. Further developments in traps used to detect lowlevel infestations of beetle pests in bulk stored grain. In "Stored Products Pest Control" (J.G. Lawson, ed.), pp. 161–167. BCPC monograph no. 37, United Kingdom.
- Correia, M., Santos, M. G., Daros, V. dos., and Silva, R. P. da. 2000. Extraneous materials in ground cinnamon and ground paprika commercialized in Sao Paulo State. *Cienciae Technol. Alimen.* 20, 375–380.
- Cotton, R. T. and Wilbur, D. A. 1982. Insects. In "Storage of Cereal Grains and Their Products" (C. M. Christensen, ed.), pp. 281–318. American Association of Cereal Chemists, Minnesota, MN.
- Cox, P. D. and Collins, L.E. 2002. Factors affecting the behaviour of beetle pests in stored grain, with particular reference to the development of lures. *J. Stored Prod. Res.* 38, 95–115.
- Cravedi, P., Fogliazza, D., Petrolini, B., and Quaroni, S. 1993. Mill insects and mould. *Tecnica Molitoria* 44, 649–661, 672.
- Dandy, J., Dubie, P., Saudi, J.A., Smith, J. L., and Uronu, B. 1991. Trials to assess the effectiveness of new synthetic pheromone mixtures for trapping *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) in maize stores. *J. Stored Prod. Res.* 27, 69–74.
- Daniel, V. A., Rajan, P., Sanjeevarayappa, K. V., Srinivasan, K. S., and Swaminathan, M. 1977. Effect of insect infestation on the chemical composition and the protein efficiency ratio of the proteins of Bengal gram and red gram. *Indian J. Nutr. Diet.* 14, 70–73.
- Davey, P. M., Hall, D. W., Coveney, P. L. K., and Raymond, W. D. 1959. The effect of insect infestation on the quality of decorticated groundnuts with special reference to storage at low and high humidities. *Trop. Sci.* 1, 296–307.
- Demianyk, C. J. and Sinha, R.N. 1981. Effect of pyralid moth infestation on fat acidity, seed germination and microflora of stored wheat. *J. Econ. Entomol.* 74, 526–531.
- Dennis, N. M. and Decker, R. W. 1962. A method and machine for detecting living internal insect infestation in wheat. *J. Econ. Entomol.* 55, 199–203.
- Dent, R. G. and Brickey, P. M. 1984. Physical and chemical methods for detecting insect filth in foods. In "Insect Management for Food Storage and Processing" (F.J. Baur, ed.), pp. 323–328. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.
- Dharmaputra, O. S., Halid, H., Sunjaya, and Khim, K. S. 1994. The effect of *Sitophilus zeamais* on fungal infection, aflatoxin production, moisture content and damage to kernels of stored maize. In "Stored Product Protection: Proceedings of the 6th International Working Conference on Stored-product Protection" (E. Highley, E.J. Wright, H. J. Banks, and B. R. Champ, eds), pp. 981–984. CAB International, Wallingford, UK.
- Dixon, P. L. and Knowlton, A. D. 1994. Post-harvest recovery of *Rhagoletis mendax* Curan (Diptera: Tephritidae) from low bush blue berry fruit. *Can. Entomol.* 126, 121–123.

- Dowdy, A. K., Howard, R.W., Seitz, L.M., and McGaughey, W. H. 1993. Responses of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) to its aggregation pheromone and wheat volatiles. *Environ. Entomol.* 22, 965–970.
- Dowell, F. E., Throne, J. E., Wang, D., and Baker, J. E. 1998. Automated nondestructive detection of internal insect infestation of wheat kernels by using near-infrared reflectance spectroscopy. *J. Econ. Entomol.* 91, 899–904.
- El-Mofty, M.M., Khudoley, V.V., Sakr, S.A., and Fatala, N.G. 1992. Flour infested with *Tribolium castaneum*, biscuits made of this flour, and 1,4-benzoquinone induce neoplastic lesions in Swiss albino mice. *Nutr. Cancer* 17, 97–104.
- Emefu, E. E., Ojmelukwe, P. C., and Mbata, G. N. 1992. Effect of insect infestation on the proximate composition and functional properties of flour samples and protein isolates from bambara groundnut and cowpea. *J. Food Sci. Technol.* 29, 174–176.
- Fadamiro, H. Y., Gudrups, I., and Hodges, R. J. 1998. Upwind flight of *Prostephanus truncatus* is mediated by aggregation pheromone but not food volatiles. *J. Stored Prod. Res.* 34, 151–158.
- Fargo, W. S., Cuperus, G. W., Bonjour, E. L., Burkholder, W. E., Clary, B. L., and Payton, E. 1994. Influence of probe trap type and attractants on the capture of four stored-grain Coleoptera. *J. Stored Prod. Res.* 30, 237–241.
- Farn, G. and Smith, D. M. 1963a. Enzymatic-ultraviolet method for determination of uric acid in flour. *J. Assoc. OV. Agric. Chem.* 46, 522–523.
- Farn, G. and Smith, D. M. 1963b. Rate of excretion of uric acid by the rust-red flour beetle. *J. Assoc. OV. Anal. Chem.* 46, 517–521.
- Fleurat-Lessard, F. 1988. Determination of insect infestation. In “Preservation and Storage of Grains, Seeds and Their By-Products” (J. L. Multon, A. M. Reimbert, D. Marsh, and A. J. Eydt, eds), pp. 495–515. Lavoisier Publishing, New York.
- Fleurat-Lessard, F. 1997. A European perspective on new quality requirements in grain trading. *Cereal Foods World* 42, 206–209.
- Fleurat-Lessard, F. and Andrieu, A. J. 1986. Development of a rapid method to determine insect infestation in grain bins with electro-acoustic devices. In “Proceedings of the 4th International Working Conference on Stored Product Protection” (E. Donahaye and S. Navarro, eds), p. 643. Tel Aviv, Israel.
- Fleurat-Lessard, F., Andrieu, A. J., and Wilkin, D. R. 1994. New trends in stored-grain infestation detection inside storage bins for permanent infestation risk monitoring. In “Stored Product Protection: Proceedings of the 6th International Working Conference on Stored-product Protection” (E. Highley, E.J. Wright, H.J. Banks, and B.R. Champ, eds), pp. 397–402. CAB International, Wallingford, UK.
- Fogliazza, D., Pagani, M., Parpaiola, D., Strepatorola, W., and Cerioli, C. 1993. Influence of insect infestation on rheological characteristics of flour for bakery products. *Tecnica Molitoria* 44, 745–753, 766.
- Frankenfeld, J. C. 1948. Staining methods for detecting weevil infestation in grain. U.S. Dept. Agriculture, Bureau of Entomological Plant Quarantine ET256.
- Gentry, J. W., Jr., Harris, K. L., and Luce, J. T. 2001. History and importance of qualitative microentomological determinations. *Cereal Foods World* 46, 162–163.
- Germinara, G. S., Rotundo, G., and de Cristofaro, A. 2000. Detection and quantification of hidden *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) infestations in cereals by double immunodiffusion and immuno-osmophoresis. *Tecnica Molitoria* 51, 732–737.
- 220 S. RAJENDRAN
- Gilbert, D. 1984. Insect electrocutor light traps. In “Insect Management for Food Storage and Processing” (F.J. Baur, ed.), pp. 88–108. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.
- Glaze, L. E. 1993. Extraction of light filth from oriental fish products containing spice: Collaborative study. *J. Assoc. OV. Anal. Chem. Inter.* 76, 44–46.
- Glaze, L. E. and Bryce, J.R. 1994. Extraction of light filth from whole wheat flour, flotation method: Collaborative study. *J. Assoc. OV. Anal. Chem. Int.* 77, 1150–1152.
- Goossens, H. J. 1949. A method for staining insect egg plugs in wheat. *Cereal Chem.* 26, 419–420.
- Gorham, J. R. 1989. HACCP and filth in food. The detection and elimination of pest infestation. *J. Environ. Health* 52, 84–86.
- Graciano, R.A.S., Ribeiro, A.K., Gorayeb, T.C.C., and Correia, M. 1998. Valuation, according to determination of impurity, fraud and extraneous materials of toasted and ground coVee produced and/or traded in area of Sao Jose do Rio Preto-Sao Paulo. *Revista do Instituto Adolfo Lutz* 57, 49–55.
- Gunasekaran, N., Baskaran, V., and Rajendran, S. 2003. Effect of insect infestation on proximate composition of selected stored spice products. *J. Food Sci. Technol.* 40, 239–242.
- Hagstrum, D. W. 1991. Automated acoustical detection of stored-grain insects and its potential in reducing insect populations. In “Proceedings of the 5th International Working Conference on Stored-product Protection” (F. Fleurat-Lessard and P. Ducom, eds), pp. 1341–1349. Bordeaux, France.

- Hagstrum, D. W. 1994. Field monitoring and prediction of stored-grain insect populations. *Postharvest News Information* 5, 39N–45N.
- Hagstrum, D. W. and Flinn, P. W. 1993. Comparison of acoustical detection of several species of stored-grain beetles (Coleoptera: Curculionidae, Tenebrionidae, Bostrichidae, Cucujidae) over a range of temperatures. *J. Econ. Entomol.* 86, 1271–1278.
- Hagstrum, D. W., Flinn, P. W., and Subramanyam, Bh. 1998. Predicting insect density from probe trap catch in farm-stored wheat. *J. Stored Prod. Res.* 34, 251–262.
- Hagstrum, D.W., Flinn, P.W., Subramanyam, Bh., Keever, D.W., and Cuperus, G.W. 1990. Interpretation of trap catch for detection and estimation of stored-product insect populations. *J. Kansas Entomol. Soc.* 63, 500–505.
- Hagstrum, D. W. and Subramanyam, Bh. 2000. Monitoring and decision tools. In “Alternatives to Pesticides in Stored-Products IPM” (Bh. Subramanyam and D.W. Hagstrum, eds), pp. 1–28. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Hagstrum, D. W., Vick, K. W., and Flinn, P. W. 1991. Automatic monitoring of *Tribolium castaneum* populations in stored wheat with computerized acoustical detection system. *J. Econ. Entomol.* 84, 1604–1608.
- Hagstrum, D. W., Webb, J.C., and Vick, K. W. 1988. Acoustical detection and estimation of *Rhyzopertha dominica* (F.) larval population in stored wheat. *Florida Entomologist* 71, 441–447.
- Haines, C. P., Rees, D. P., Ryder, K., Sistyanto, S., and Cahyana, Y. 1991. Brown-rice bait-bags for monitoring insect pest populations in bag stacks of milled rice as an aid to pest control decision-making. In “Proceedings of the 5th International Working Conference on Storedproduct Protection” (F. Fleurat-Lessard and P. Ducom, eds), pp. 1351–1358. Bordeaux, France.
- Harris, K. L., Nicholson, J. F., Randolph, L. K., and Trawick, J. L. 1952. An investigation of insect and rodent contamination of wheat and wheat flour. *J. Assoc. OV. Agric. Chem.* 35, 115–158.
- Hick, A. J., Pickett, J. A., Smiley, D. W. M., Wadhams, L. J., and Woodcock, C. M. 1997. Higher plants as a clean source of semiochemicals and genes for their biotechnological production. In “Phytochemical Diversity: A Source of New Industrial Products” (S. Wrigley, M. Hayes, R. Thomas, and E. Chrystal, eds), pp. 220–236. The Royal Society of Chemistry, Cambridge.
- Hickling, R., Lee, P., Wei, W., and Chang, S.-T. 1997a. Acoustic sensor system for insect detection. U.S. Patent no. 5,616,845. April 1, 1977.
- Hickling, R. and Wei, W. 1995. Sound-transmission in stored grain. *Applied Acoustics* 45, 1–8.
- Hickling, R., Wei, W., and Hagstrum, D. W. 1997b. Studies of sound transmission in various types of stored grain for acoustic detection of insects. *Applied Acoustics* 50, 263–278.
- Hodges, R. J., Halid, H., Rees, D. P., Meik, J., and Sarjono, J. 1985. Insect traps tested as an aid to pest management in milled rice stores. *J. Stored Prod. Res.* 21, 215–229.
- Hodges, R. J., Robinson, R., and Hall, D. R. 1996. Quinone contamination of dehusked rice by *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *J. Stored Prod. Res.* 32, 31–37.
- Holmes, L. G. 1980. Note on fluorometric method for determination of uric acid in flour. *Cereal Chem.* 57, 371–372.
- Howe, R. W. 1965. Losses caused by insects and mites in stored foods and feedingstuffs. *Nutr. Abstracts Rev.* 35, 285–303.
- Howe, R. W. and Oxley, T. A. 1944. The use of carbon dioxide as a measure of infestation of grain by insects. *Bull. Ent. Res.* 35, 11–22.
- Howe, R. W. and Oxley, T. A. 1952. Detection of insects by their carbon dioxide production. Report of the Pest Infestation Research Department. Her Majesty’s Stationery Office, London.
- Hurlock, E. T. 1963. Detection of insects in dried peas. *Food Manuf.* 38, 367–369.
- International Organisation for Standardization 1987. Cereals and pulses—determination of hidden insect infestation: Part 4: Rapid methods (ISO 6639/4). International Organisation for Standardization, Geneva, Switzerland.
- Jeon, I. 2002. Food laws and regulations. In “Encyclopedia of Pest Management” (D. Pimentel, ed.), pp. 290–292. Marcel-Dekker, New York.
- Johnson, H. M., Bokovic, J. A., Eisenberg, W. V., and Vazquez, A. W. 1973. Antigenic properties of some insects involved in food contamination. *J. Assoc. OV. Anal. Chem.* 56, 63–65.
- Jood, S. and Kapoor, A. C. 1992a. Effect of storage and insect infestation on protein and starch digestibility of cereal grains. *Food Chem.* 44, 209–212.
- Jood, S. and Kapoor, A. C. 1992b. Biological evaluation of protein quality of wheat as affected by insect infestation. *Food Chem.* 45, 169–174.
- Jood, S., Kapoor, A. C., and Singh, R. 1992. Mineral contents of cereal grains as affected by storage and insect infestation. *J. Stored Prod. Res.* 28, 147–151.

- Jood, S., Kapoor, A. C., and Singh, R. 1993a. Available carbohydrates of cereal grains as affected by storage and insect infestation. *Plant Foods Human Nutr.* 43, 45–54.
- Jood, S., Kapoor, A. C., and Singh, R. 1993b. Biological evaluation of protein quality of sorghum as insect infestation. *Plant Foods Human Nutr.* 43, 105–114.
- Jood, S., Kapoor, A. C., and Singh, R. 1993c. Effect of insect infestation on the organoleptic characteristics of stored cereals. *Postharvest Biol. Technol.* 2, 341–348.
- Jood, S., Kapoor, A. C., and Singh, R. 1995. Amino acid composition and chemical evaluation of protein quality of cereals as affected by insect infestation. *Plant Foods Human Nutr.* 48, 159–167.
- Jood, S., Kapoor, A.C., and Singh, R. 1996. Effects of insect infestation and storage on lipids of cereal grains. *J. Agric. Food Chem.* 44, 1502–1506.
- Kadkol, S. B., Pingale, S. V., and Swaminathan, M. 1957. Changes effected by insect infestation in groundnut kernels. *Food Sci.* 6, 30.
- Karunakaran, C. 2002. “Soft X-ray inspection of wheat kernels to detect infestation by stored grain insects”. Ph. D. Thesis, Department of Biosystems Engineering, University of Manitoba, Winnipeg, Canada.
- Keagy, P.M. and Schatzki, T.F. 1993. Machine recognition of weevil damage in wheat radiographs. *Cereal Chem.* 70, 696–700.
- Keppel, G.E. and Harris, K.L. 1953. An evaluation of five procedures for the determination of internal infestation of wheat. II. Gelatinization in sodium hydroxide. *J. Assoc. OV. Anal. Chem.* 36, 140–144.
- Khorranshahi, A. and Burkholder, W.E. 1981. Behavior of the lesser grain borer *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). Male-produced aggregation pheromone attracts both sexes. *J. Chem. Ecol.* 7, 33–38.
- Kim, S. and Schatzki, T.F. 2001. Detection of pinholes in almonds through X-ray imaging. *Trans. ASAE* 44, 997–1003.
- Kitto, G. B. 1991. A new rapid biochemical technique for quantitating insect infestation in grain. *Bull. Assoc. Oper. Millers March*, 5835–5838.
- Kitto, G. B., Quinn, F. A., and Burkholder, W. E. 1994. Development of immunoassays for quantitative detection of insects in stored products. In “Stored Product Protection: Proceedings of the 6th International Working Conference on Stored-product Protection” (E. Highley, E. J. Wright, H.J. Banks, and B. R. Champ, eds), pp. 415–420. CAB International, Wallingford, UK.
- Kleine-Tebbe, J., Jeep, S., Josties, C., Meysel, U., O’Connor, A., and Kunkel, G. 1992. IgE-mediated inhalant allergy in inhabitants of a building infested by the rice weevil (*Sitophilus oryzae*). *Ann. Allergy* 69, 497–504.
- Laessig, R. H., Burkholder, W. E., and Badran, R. J. 1972. Routine and low-level determination of uric acid in dry milk, flours and cereal grains. *Cereal Sci. Today* 17, 328–330.
- Lamkin, W. M., Unruh, N. C., and Pomeranz, Y. 1991. Use of fluorometry for the determination of uric acid in grain. Elimination of interfering fluorescence. *Cereal Chem.* 68, 81–86.
- Litzkow, C. A., Webb, J. C., and Vick, K.W. 1990. Piezoelectric apparatus and process for detection of insect infestation in an agricultural commodity. U.S. Patent no. 4937555, June 26, 1990.
- Loi, G., Conti, B., and Mannuci, L. 1987. Research on some monitoring methods to determine the infestation of arthropods in a flour mill. *Frustula Entomol.* 10, 153–180.
- Madden, J. L., Anggawati, A.M., and Indriati, N. 1995. Impact of insects on the quality and quantity of fish and fish products in Indonesia. In “Fish Drying in Indonesia: Proceedings of an International Workshop, Jakarta, Indonesia” (B. R. Champ and E. Highley, eds), pp. 97–106. ACIAR proceedings no. 59. Canberra.
- Magan, N. 2001. Use of electronic nose technology for detection of contamination in food. *New Food* 4, 79–81.
- Majumdar, T. K. and Agarwal, R. M. 1991. Determination of uric acid in insect infested foodstuffs. *Bull. Grain Technol.* 29, 143–147.
- Mankin, R. W., Shuman, D., and CoVelt, J. A. 1996. Noise shielding of acoustic devices for insect detection. *J. Econ. Entomol.* 89, 1301–1308.
- Martin, R., Azcona, J. I., Casas, C., Hernandez, P. E., and Sanz, B. 1988. Sandwich ELISA for detection of pig meat in raw beef using antisera to muscle soluble proteins. *J. Food Prot.* 51, 790–794.
- Milner, M. 1958. New methods to detect and eliminate insect-infested grain. *Adv. Food Res.* 8, 111–131.
- Milner, M., Barney, D.L., and Shellenberger, J.A. 1950a. Use of selective fluorescent stains to detect insect egg plugs on grain kernels. *Science* 112, 791–792.
- Milner, M., Farrel, E. P., and Katz, R. 1953. Use of a simple blowing device to facilitate inspection of wheat for internal infestation. *J. Assoc. OV. Anal. Chem.* 36, 1065–1070.
- Milner, M., Lee, M. R., and Katz, R. 1950b. Application of X-ray technique to the detection of internal insect infestation of grains. *J. Econ. Entomol.* 43, 933–935.

- Minkevich, J. M., Demianyk, C. J., White, N. D. G., Jayas, D. S., and Timlick, B. 2002. A rapid method to detect *Cryptolestes ferrugineus* (Coleoptera: Cucujidae) larvae in stored grain. *Can. J. Plant Sci.* 82, 591–597.
- Mlodecki, H., Lasota, W., and Pustelnik, T. 1972. Uric acid content as an index of sanitary quality in dried mushrooms. *Bromotologia I Chem. Toksykologiczna* 5, 487–489.
- Modgil, R. and Mehta, U. 1994. Effects of different levels of *Collosobruchus chinensis* L. infestation on proximate principles, true protein, methionine and uric acid contents of greengram and redgram. *J. Food Sci. Technol.* 31, 135–139.
- Modgil, R. and Mehta, U. 1996. Effect of graded levels of insect infestation on the chemical composition of Bengal gram. *J. Food Sci. Technol.* 33, 393–396.
- Mueller, D. K. 1998. “Stored Product Protection: A Period of Transition”. Insects Limited, Indianapolis.
- Mullen, M. A., Wileto, E. P., and Arthur, F. H. 1998. Influence of trap design and location on the capture of *Plodia interpunctella* (Indian meal moth) (Lepidoptera: Pyralidae) in a release-recapture study. *J. Stored Prod. Res.* 34, 33–36.
- Nakashima, M. J. 1994. Alternative sieving method for extraction of light filth from cheeses: Collaborative study. *J. Assoc. OV. Anal. Chem. Intern.* 77, 1153–1156.
- Narasimhan, K. S., Balachandran, A., Majumder, S. K., and Natarajan, C. P. 1972. Effect of insect infestation on the physical, chemical and biological changes in cowpee. *Indian Cowpee* 36, 331–333. 224 S. RAJENDRAN
- Nicholson, J. F., Akers, J. C., Harris, K. L., and Kurtz, O. L. 1953. An evaluation of five procedures for the determination of internal infestation of wheat. IV. Visual examination for insect exit holes. *J. Assoc. OV. Anal. Chem.* 36, 146–150.
- Nirmala, K. M. and Kokilavani, R. 1980. Biodeterioration of stored, insect infested jowar (*Sorghum vulgare*) and ragi (*Eleusine coracana*). *Indian J. Nutr. Dietet.* 17, 201–204.
- Obeng-Ofori, D. 1993. Behavioural responses of three stored product Coleoptera species to extract of carob (*Locust bean*), *Ceratonia siliqua*. *Entomol. Exp. Appl.* 66, 161–169.
- Ojimekwe, P. C. and Ogwumike, F. C. 1999. Effects of infestation by bruchid beetles (*Callosobruchus maculatus*) on the nutritional quality and sensory properties of cowpeas (*Vigna unguiculata*). *J. Food Biochem.* 23, 637–645.
- Ojimekwe, P. C., Onweluzo, J. C., and Okechukwu, E. 1999. Effects of infestation on the nutrient content and physicochemical properties of two cowpea (*Vigna unguiculata*) varieties. *Plant Foods Human Nutr.* 53, 321–332.
- Pachla, L. A. and Kissinger, P. T. 1977. Monitoring insect infestation in cereal products—determination of traces of uric acid by high-pressure liquid chromatography. *Anal. Chim. Acta* 88, 385–387.
- Pachla, L. A., Reynolds, D. L., and Wright, D. S. 1987. Analytical methods for measuring uric acid in biological samples and food products. *J. Assoc. OV. Anal. Chem.* 70, 1–14.
- Padmaja, G., Premkumar, T., Plumb, V., Bainbridge, A., and Wood, J.F. 1994. Amino acid and sugar profiles of insect infested and uninfested plain-dried versus parboiled cassava chips. *Trop. Sci.* 34, 409–415.
- Pagani, M., Fogliaza, U., and Cademartini, E. 1996. Effects of *Tribolium castaneum* infestation on the rheological characteristics of baking flour. *Tecnica Molitoria* 47, 1067–1073.
- Pande, N., Saxena, J., and Mehrotra, B. S. 1989. Determination of fungal and insect infestation of stored cereal grains and their relationship. *Bull. Grain Technol.* 27, 133–141.
- Pant, K. C. and Susheela, T. P. 1977. Effect of storage and insect infestation on the chemical composition and nutritive value of grain sorghums. *J. Sci. Food Agric.* 28, 963–970.
- Pedersen, J. R. 1992. Insects: Identification, damage and detection. In “Storage of Cereal Grains and Their Products” (D.B. Sauer, ed.), pp. 435–489. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.
- Pereira, P. R. V. S., Lazzari, F. A., Lazzari, S. M. N., and Almeida, A. A. 1994. Comparison between two methods of insect sampling in stored wheat. In “Stored Product Protection: Proceedings of the 6th International Working Conference on Stored-product Protection” (E. Highley, E. J. Wright, H. J. Banks, and B. R. Champ, eds), pp. 435–438. CAB International, Wallingford, UK.
- Perez-Mendoza, J., Throne, J. E., Dowell, F. E., and Baker, J. E. 2003. Detection of insect fragments in wheat flour by near-infrared spectroscopy. *J. Stored Prod. Res.* 39, 305–312.
- Phillips, J. K. and Burkholder, W. E. 1984. Health hazards of insects and mites in food. In “Insect Management for Food Storage and Processing” (F.J. Baur, ed.), pp. 280–292. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.
- Phillips, T. W., Cogan, P. M., and Fadamiro, H. Y. 2000. Pheromones. In “Alternatives to Pesticides in Stored-product IPM” (Bh. Subramanyam and D.W. Hagstrum, eds), pp. 273–302. Kluwer Academic Publishers, Boston.

- Phillips, T. W., Jiang, X.L., Burkholder, W. E., Phillips, J. K., and Tran, H. Q. 1993. Behavioral responses to food volatiles by two species of stored-product Coleoptera, *Sitophilus oryzae* (Curculionidae) and *Tribolium castaneum* (Tenebrionidae). *J. Chem. Ecol.* 19, 723–734.
- Phillips, T. W. and Zhao, B. 2003. Molecular diagnostic tools for detecting arthropod contamination in stored products. In “Proceedings of the 8th International Working Conference on Stored-product Protection” (P.F. Credland, D.M. Armitage, C.H. Bell, P.M. Cogan, and E. Highley, eds), pp. 128–130. CAB International, Wallingford, UK.
- Pike, V. 1994. Impact of milling degree on *Liposcelis paetus* population growth rate and assessment of milled rice weight loss due to infestation. *Crop Protection* 13, 425–428.
- Pillai, S. P., Sharangapani, M. V., Majumder, S. K., and Amla, B. L. 1975. Artifacts in the regulatory analysis of market samples of foodgrains using uric acid content as a parameter for quality. *Int. Biodetn. Bull.* 11, 4–8.
- Pinniger, D. B. 1991. Sampling and trapping insect populations, the importance of environment, insects and trade. In “Proceedings of the International Working Conference on Stored-Product Protection” (F. Fleurat-Lessard and P. Ducom, eds), pp. 1297–1306. Bordeaux, France.
- Plarre, R. and Vanderwel, D. C. 1999. Stored-product beetles. In “Pheromones of Non-Lepidopterous Insects Associated with Agricultural Plants” (J. Hardie and A.K. Minks, eds), pp. 149–198. CAB International, Wallingford, UK.
- Premkumar, T., Moorthy, S. N., Balagopalan, C., Jayaprakas, C. A., and Rajamma, P. 1996. Quality changes in market cassava chips infested by insects. *J. Stored Prod. Res.* 32, 183–186.
- Proctor, D. L. 1977. The control of insect infestation of fish during processing and storage in the tropics. In “Proceedings of Conference on Handling, Processing and Marketing of Tropical Fish, July 1986”, pp. 307–311. Tropical Products Institute, London.
- Quinn, F. A., Burkholder, W. E., and Kitto, G. B. 1992. Immunological technique for measuring insect contamination of grain. *J. Econ. Entomol.* 85, 1463–1470.
- Ragunathan, A. N., Srinath, D., and Majumder, S. K. 1974. Inhibition of storage fungi by some fungicides. *J. Food Sci. Technol.* 11, 19–22.
- Rajan, P., Sanjeevarayappa, K.V., Daniel, V.A., Paul Jayaraj, A., and Swaminathan, M. 1975. Effect of insect infestation on the chemical composition and nutritive value of maize and cowpea. *Indian J. Nutr. Dietet.* 12, 325–327.
- Reed, G. C. and Harris, K. L. 1953. An evaluation of five procedures for the determination of internal insect infestation of wheat. I. Berberine sulfate fluorescent stain for weevil egg plugs (in wheat and corn). *J. Assoc. OV. Agri. Chem.* 36, 138–140.
- Reed, C. R., Wright, V. F., Mize, T. W., Pedersen, J. R., and Brockschmidt, E. J. 1991. Pitfall traps and grain samples as indicators of insects in farm-stored wheat. *J. Econ. Entomol.* 84, 1381–1387.
- Rees, D. P. 1985. Review of the response of stored product insects to light of various wavelengths, with particular reference to the design and use of light traps for population monitoring. *Trop. Sci.* 25, 197–213. 226 S. RAJENDRAN
- Rees, D. P. 1996. Coleoptera. In “Integrated Management of Insects in Stored Products” (Bh. Subramanyam and D.W. Hagstrum, eds), pp. 1–39. Marcel-Dekker, New York.
- Rees, D. P. 1999a. Estimation of the optimum number of pheromone baited flight traps needed to monitor phycitine moths (*Ephestia cautella* and *Plodia interpunctella*) at a breakfast cereal factory: A case study. In “Stored Product Protection: Proceedings of the 7th International Working Conference on Stored-product Protection” (J. Zuxun, L. Quan, L. Yongsheng, T. Xianchang, and G. Lianghua, eds), pp. 1464–1471. Sichuan Publishing House of Science & Technology, Chengdu, China.
- Rees, D. P. 1999b. Comparison between use of pheromone baited traps and counting resting moths as population measures of phycitine moths (*Ephestia cautella* and *Plodia interpunctella*) infesting a breakfast cereal factory. In “Stored Product Protection: Proceedings of the 7th International Working Conference on Stored-product Protection” (J. Zuxun, L. Quan, L. Yongsheng, T. Xianchang, and G. Lianghua, eds), pp. 1472–1475. Sichuan Publishing House of Science & Technology, Chengdu, China.
- Regnault-Roger, C., Watier, C., and Hamraoui, A. 1994. Modification of the nutritional quality of nitrogen content of Leguminosae seed damaged by *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera, Bruchidae). In “Stored Product Protection: Proceedings of the 6th International Working Conference on Stored-product Protection” (E. Highley, E.J. Wright, H. J. Banks, and B. R. Champ, eds), pp. 704–705. CAB International, Wallingford, UK.
- Rejesus, B. M. and Butuason, E. M. 1989. Trapping studies with insect pheromones in stored peanuts and wheat. In “Proceedings of the 11th ASEAN Technical Seminar on Grain Postharvest Technology” (J. O. Naewbanij, ed.), pp. 163–173. ASEAN Grain Postharvest Programme, Bangkok, Thailand.
- Ridgway, C. and Chambers, J. 1996. Detection of external and internal insect infestation in wheat by near-infrared reflectance spectroscopy. *J. Sci. Food Agric.* 71, 251–264.

- Ridgway, C. and Chambers, J. 1998. Detection of insects inside wheat kernels by NIR imaging. *J. Near Infrared Spectrosc.* 6, 115–119.
- Ridgway, C. and Chambers, J. 1999. Detection of grain weevils inside single wheat kernels by a very near infrared two-wavelength model. *J. Near Infrared Spectrosc.* 7, 213–221.
- Ridgway, C., Chambers, J., Portero-Larragueta, E., and Prosser, O. 1999. Detection of mite infestation in wheat by electronic nose with transient flow sampling. *J. Sci. Food Agric.* 79, 2067–2074.
- Ridgway, C., Davies, R., and Chambers, J. 2001. Imaging for the high-speed detection of pest insects and other contaminants in cereal grain in transit. Paper presented at the 2001 ASAE Annual International Meeting, California, July 30–Aug. 1, 2001.
- Ridgway, C., Davies, E. R., Chambers, J., Mason, D. R., and Bateman, M. 2002. Rapid machine vision method for the detection of insects and other particulate bio-contaminants of bulk grain in transit. *Biosystems Eng.* 83, 21–30.
- Richter, K. and Tchalale, P. 1994. Improved early detection of internal infestation by flotation using product-adapted salt solutions. In “Stored Product Protection: Proceedings of the 6th International Working Conference on Stored-product Protection” (E. Highley, E. J. Wright, H. J. Banks, and B. R. Champ, eds), pp. 444–447. CAB International, Wallingford, UK.
- Rodrigues, R. M. M. S., Correia, M., Franzolin, M.R., and Baggio, D. 1998. Light filth in peanuts and ‘milk sweet’ bars sold by street merchants in the city of Sao Paulo. *Revista do Instituto Adolfo Lutz* 57, 81–86.
- Rossiter, P.D. 1970. Field infestation of the rice weevil in wheat. *Queensland J. Agric. Anim. Sci.* 27, 119–121.
- Rotundo, G., Germinara, G. S., and Cristofaro, A. de. 2000. Immuno-osmophoretic technique for detecting *Sitophilus granarius*(L.) infestations in wheat. *J. Stored Prod. Res.* 36, 153–160.
- Rotundo, G. and Tremblay, E. 1980. Serological studies on five species of Pseudococcidae (Homoptera). *Systematic Entomol.* 5, 431–435.
- Roy, R. B. and Kvenberg, J. E. 1981. Determination of insect infestation in food; a semiautomated colorimetric analysis for uric acid with immobilized uricase. *J. Food Sci.* 46, 1439–1445.
- Russell, G. R. 1988. Evaluation of four analytical methods to detect weevils in wheat: Granary weevil, *Sitophilus granarius* (L.), in soft white wheat. *J. Food Protec.* 51, 547–553.
- Sanchez-Marinez, R. I., Cortez-Rocha, M. O., Ortega-Dorame, F., Morales-Valdes, M., and Silveira, M.I. 1997. End-use quality of flour from *Rhyzopertha dominica* infested wheat. *Cereal Chem.* 74, 481–483.
- Saxena, A. and Singh, Y. P. 1994. Fluctuation of chemical composition in wheat varieties damaged by *Rhyzopertha dominica* Fabr. *Bull. Grain Technol.* 32, 163–167.
- Schatzki, T.F. and Fine, T.A.B. 1988. Analysis of radiograms of wheat kernels for quality control. *Cereal Chem.* 65, 233–239.
- Schatzki, T. F. and Ong, M. S. 2001. Dependence of aflatoxin in almonds on the type and amount of insect damage. *J. Agric. Food Chem.* 49, 4513–4519.
- Schatzki, T. F., Wilson, E. K., Kitto, G.B., Behrens, P., and Heller, I. 1993. Determination of hidden *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae) in wheat by myosin ELISA. *J. Econ. Entomol.* 86, 1584–1589.
- Scott, H. G. 1991. Nutrition changes caused by pests in food. In “Ecology and Management of Food- Industry Pests” (J. R. Gorham, ed.), pp. 463–467. FDA Technical Bulletin 4, Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- Sedlacek, J. D., Weston, A., and Barney, J. 1996. Lepidoptera and Psocoptera. In “Integrated Management of Insects in Stored Products” (Bh. Subramanyam and D.W. Hagstrum, eds), pp. 41–70. Marcel-Dekker, New York.
- Seitz, L. M. and Sauer, D. B. 1996. Volatile compounds and odors in grain sorghum infested with common storage insects. *Cereal Chem.* 73, 744–750.
- Semple, R. L. 1992. Inspection procedures for grain handling facilities and methods for detecting stored grain insects. In “Towards Integrated Commodity and Pest Management in Grain Storage” (R. L. Semple, P. A. Hicks, J.V. Lozare, and A. Castermans, eds), pp. 149–184. Regional Network Inter-Country Cooperation on Post Harvest Technology and Quality Control of Foodgrains (REGNET).
- Sen, N.P. 1968. Uric acid as an index of insect infestation in flour. *J. Assoc. OV. Anal. Chem.* 51, 785–791.
- Sen, N. P. and Smith, D. 1966. An improved enzymatic-ultraviolet method for determination of uric acid in flours. *J. Assoc. OV. Anal. Chem.* 49, 899–902.
- Sen, N. P. and Vazquez, A. W. 1969. Correlation of uric acid content with fragment counts in insectinfested flours and wheat grains. *J. Assoc. OV. Anal. Chem.* 52, 833–834.
- Sengupta, P., Mandal, A., and Roy, B.R. 1972. Determination of uric acid in foodstuffs by thin-layer chromatography. *J. Chromatogr.* 72, 408–409.
- Shade, R. E., Furgason, E. S., and Murdock, L.L. 1990. Detection of hidden infestations by feedinggenerated ultrasonic signals. *Am. Entomol.* 36, 231–234.

- Sharma, S. S., Thapar, V. K., and Simwat, G.S. 1979. Biochemical losses in stored wheat due to infestation of some stored grain insect-pests. *Bull. Grain Technol.* 17, 144–147.
- Shuman, D., CoVelt, J.A., and Mankin, R.W. 1993. Quantitative acoustical detection of larvae feeding inside kernels of grain. *J. Econ. Entomol.* 86, 933–938.
- Shuman, D., CoVelt, J.A., and Weaver, D. K. 1996. A computer-based electronic fall-through probe insect counter for monitoring infestation in stored products. *Trans. ASAE* 39, 1773–1780.
- Shuman, D., Epsky, N. D., and Crompton, D. R. 2003. Commercialization of a species-identifying automated stored-product insect monitoring system. In “Proceedings of the 8th International Working Conference on Stored-product Protection” (P.F. Credland, D. M. Armitage, C. H. Bell, P. M. Cogan, and E. Highley, eds), pp. 144–150. CAB International, Wallingford, UK.
- Sinha, K.K. and Sinha, A.K. 1992. Impact of stored grain pests on seed deterioration and aflatoxin contamination in maize. *J. Stored Prod. Res.* 28, 211–219.
- Sinha, R. N., Waterer, D., and Muir, W. E. 1986a. Carbon dioxide concentrations associated with insect infestations of stored grain. 1. Natural infestation of corn, barley and wheat in farm granaries. *Sci. Aliments* 6, 91–98.
- Sinha, R. N., Waterer, D., and Muir, W. E. 1986b. Carbon dioxide concentrations associated with insect infestations of stored grain. 2. Infestation in wheat-filled jars. *Sci. Aliments* 6, 99–106.
- Singh, D. P., Sharma, S. S., and Thapar, V. K. 1982. Biochemical changes in stored moong and mash varieties due to infestation of *Callosobruchus maculatus* Fab. (Bruchidae, Coleoptera). *J. Res.* 19, 130–135.
- Smith, L. B. 1977. Efficiency of Berlese-Tullgren funnels for removal of the rusty grain beetle, *Cryptolestes ferrugineus*, from wheat samples. *Can. Entomol.* 109, 503–509.
- Smith, L. W., Jr., Pratt, J.J., Jr., Nii, I., and Umina, A. P. 1971. Baking and taste properties of bread made from hard wheat flour infested with species of *Tribolium*, *Tenebrio*, *Trogoderma* and *Oryzaephilus*. *J. Stored Prod. Res.* 6, 307–316.
- Soans, A. B. and Adolf, C. 1971. A note on the occurrence of *Discomyza maculipennis* Wiedemann (Diptera: Ephydriidae) on dried fish. *J. Bombay Natural History Soc.* 68, 847–848.
- Soderstorm, E. L., Hinsch, R. T., Bongers, A. J., Brandl, D. G., and Hoogendorn, H. 1987. Detecting adult Phycitinae (Lepidoptera: Pyralidae) infestations in a raisin-marketing channel. *J. Econ. Entomol.* 80, 1229–1232.
- Solanki, K. K. 1985. Level of uric acid content as an index of hygienic condition and acceptability of insect infested fish products. In “Harvest and Post-harvest Technology of Fish” (K. Ravindran, N. Unnikrishnan Nair, P. A. Perigreen, P. Madhavan, A.G. Gopalakrishnan Pillai, P. A. Panicker, and M. Thomas, eds), pp. 672–677. Society of Fisheries Technologists, Cochin, India.
- Somerfield, K. G. 1989. Detection of larval pea weevil *Bruchus pisorum* (Linnaeus) infestation in imported peas. *N. Z. Entomol.* 12, 81–83.
- Spangler, H. G. 1985. Detecting the lesser wax moth acoustically. *Gleanings Bee Cult.* 113, 207–209, 218.
- Srinath, D., Ragunathan, A. N., and Majumder, S.K. 1976. Stored product insects as carriers of toxigenic fungi. *Indian J. Entomol.* 38, 189–191.
- Srivastava, A. S. 1970. Important insect pests of stored oilseeds in India. *Int. Pest Control* 12, 18–20, 26.
- Starvic, B., Johnson, W. J., and Grice, H. C. 1969. Uric acid nephropathy—an experimental model. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 130, 512–516.
- Staurt, M. K., Barak, A. V., and Burkholder, W. E. 1994. Immunological identification of *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae). *J. Stored Prod. Res.* 30, 9–16.
- Stejskal, V. 1995. The influence of food and shelter on the efficiency of a commercial sticky trap in *Tribolium castaneum*. *J. Stored Prod. Res.* 31, 229–233.
- Strong, R. G. 1970. Distribution and relative abundance of stored-product insects in California: A method of obtaining sample populations. *J. Econ. Entomol.* 63, 591–596.
- Subrahmanyam, V., Swaminathan, M., Pingale, S. V., and Kadkol, S. B. 1955. Uric acid as an index of insect filth in cereals and milled cereal products. *Bull. Central Food Technol. Res. Instit. Mysore* 4, 86–87.
- Sudhakar, T. R. and Pandey, N. D. 1987. Changes in chemical constituents of raw and parboiled rice varieties due to infestation of rice weevil *Sitophilus oryzae* (L.). *Indian J. Entomol.* 49, 1–6.
- Swaminathan, M. 1977. Effect of insect infestation on weight loss, hygienic condition, acceptability and nutritive value of foodgrains. *Indian J. Nutr. Diet.* 14, 205–216.
- Thind, B. B. 2000. Determination of low levels of mite and insect contaminants in food and feedstuffs by a modified flotation method. *J. Assoc. OV. Anal. Chem. Int.* 83, 113–119.
- Thomas, P., Kannan, A., Dagowekar, V. H., and Ramamurthy, M. S. 1995. Non-destructive detection of seed weevil-infested mango fruits by X-ray imaging. *Postharvest Biol. Technol.* 5, 161–165.
- Throne, J. E., Dowell, F. E., Perez-Mendoza, J., and Baker, J. E. 2003. Entomological applications of near-infrared spectroscopy. In “Proceedings of the 8th International Working Conference on Stored-product

- Protection'' (P. F. Credland, D. M. Armitage, C. H. Bell, P. M. Cogan, and E. Highley, eds), pp. 131–134. CAB International, Wallingford, UK.
- Tigar, B. J., Key, G. E., Flores, S. M. E., and Vazquez, A. M. 1994. Field and post-maturation infestation of maize by stored product pests in Mexico. *J. Stored Prod. Res.* 30, 1–8.
- Tollner, E. W. 1993. X-ray technology for detecting physical quality attributes in agricultural produce. *Postharvest News Information* 4, 149N–155N.
- Venkatrao, S., Krishnamurthy, K., Swaminathan, M., and Subrahmanyam, V. 1960a. Determination of uric acid in wheat flour infested by *Tribolium castaneum* Duv., using paper chromatography. *Cereal Chem.* 37, 93–96.
- Venkatrao, S., Nugghalli, R. N., Pingale, S. V., Swaminathan, M., and Subrahmanyam, V. 1960b. The effect of infestation by *Tribolium castaneum* Duv., on the quality of wheat flour. *Cereal Chem.* 37, 97–103.
- Vick, K. W., Webb, J. C., Hagstrum, D. W., Weaver, B. A., and Litzkow, C. A. 1988a. A sound insulated room suitable for use with an acoustic insect detection system and design parameters for a grain sample holding container. *Florida Entomol.* 71, 478–484.
- Vick, K. W., Webb, J. C., Weaver, B. A., and Litzkow, C. A. 1988b. Sound detection of stored-product insects that feed inside kernels of grain. *J. Econ. Entomol.* 81, 1489–1493.
- Vick, K. W., Mankin, R. W., Cogburn, R. R., Muller, M., Thorne, J. E., Wright, V. F., and Cline, L. D. 1990. Review of pheromone-baited sticky traps for detection of stored product insects. *J. Kansas Entomol. Soc.* 63, 526–532.
- Vick, K. W., Webb, J. C., and Litzkow, C. A. 1991. Insect detection using a pitfall probe trap having vibration detection. U.S. patent no. 5005416, April 9, 1991.
- Wakefield, M. E. and Cogan, P. M. 1999. The use of a managed bulk of grain for the evaluation of PC, pitfall beaker, insect probe and WB II probe traps for monitoring *Sitophilus granarius* during the winter and summer in the UK. *J. Stored Prod. Res.* 35, 329–338.
- Webb, J. C., Calkins, C. O., and Vick, K. W. 1985. New system hears insects chewing. *Agric. Res.* 33, 13–15.
- Wehling, R. L. and Wetzel, D. L. 1983. High-performance liquid chromatographic determination of low-level uric acid in grains and cereal products as a measure of insect infestation. *J. Chromatogr.* 269, 191–197.
- Wehling, R. L., Wetzel, D. L., and Pedersen, J. R. 1984. Stored wheat insect infestation related to uric acid as determined by liquid chromatography. *J. Assoc. OV. Anal. Chem.* 67, 644–647.
- Wei, Y., Jianping, F., and Yunjun, Z. 1999. The sensor-based probe traps for monitoring storedproduct insects. In “Stored Product Protection: Proceedings of the 7th International Working Conference on Stored-product Protection” (J. Zuxun, L. Quan, L. Yongsheng, T. Xianchang, and G. Lianghua, eds), pp. 1437–1445. Sichuan Publishing House of Science & Technology, Chengdu, China.
- White, G. G. 1983. A modified inclined sieve for separation of insects from wheat. *J. Stored Prod. Res.* 19, 89–91.
- White, N. D. G. 1995. Insects, mites and insecticides in stored-grain ecosystems. In “Stored-Grain Ecosystems” (P. Jayas, N. D. G. White, and W. E. Muir, eds), pp. 123–167. Marcel-Dekker, New York.
- Wilkin, D. R., Catchpole, D., and Catchpole, S. 1994. The detection of insects in grain during transit: An assessment of the problem and the development of a practical solution. In “Stored Product Protection: Proceedings of the 6th International Working Conference on Stored-product Protection” (E. Highley, E.J. Wright, H.J. Banks, and B.R. Champ, eds), pp. 463–469. CAB International, Wallingford, UK.
- Wilkin, D. R., Cowe, I. A., Thind, B. B., McNicol, J. W., and Cuthbertson, D. C. 1986. The detection and measurement of mite infestation in animal feed using near infra-red reflectance. *J. Agric. Sci.* 107, 439–448.
- Wilkin, D. R. and Fleurat-Lessard, F. 1991. The detection of insects in grain using conventional sampling spears. In “Proceedings of the 5th International Working Conference on Storedproduct Protection” (F. Fleurat-Lessard and P. Ducom, eds), pp. 1445–1453. Bordeaux, France.
- Williams, P. and Norris, K. 2001. “Near-infrared Technology in the Agricultural and Food Industries”. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.
- Wirtz, L. A. and Shellenberger, J. A. 1963. A rapid method to determine insect infestation in grain using electricity. *Cereal Sci. Today* 8, 305–308, 318.
- Wright, J. 1989. Trapping insects in grain. *Stored Grain Australia* 3, 1, 6.
- Xingwei, H., Xianchang, T., and Jianchun, W. 1999. The comparison of five determination methods for hidden insect infestation. In “Stored Product Protection: Proceedings of the 7th International Working Conference on Stored-product Protection” (J. Zuxun, L. Quan, L. Yongsheng, T. Xianchang, and G. Lianghua, eds), pp. 1537–1540. Sichuan Publishing House of Science & Technology, Chengdu, China.
- Yamamoto, I., Ohsawa, K., Honda, H., Kato, S., and Yamamoto, R. 1976. Attractants of the rice weevil *Sitophilus zeamais*, in rice and corn. In “Proceedings of the Joint US–Japan Seminar on Stored Product Insects”, pp. 83–103. Kansas State University, Manhattan, Kansas.

- Zamboni, C. de, Q., Alves, H.I., Rodrigues, R. M. M. S., Spiteri, N., Atui, M. B., and Batistic, M. A. 1988. Contaminants and adulterants in chocolates. *Revista do Intituto Adolfo Lutz* 48, 1-2, 37-41.
- Zayas, I. Y. and Flinn, P. W. 1998. Detection of insects in bulk wheat samples with machine vision. *Trans. ASAE* 41, 883-888.
- Zisman, U. and Calderon, M. 1991. Early detection of insect infestation in grain samples by measuring the carbon dioxide content. In "Proceedings of the 5th International Working Conference on Stored-product Protection" (F. Fleurat-Lessard and P. Ducom, eds), p. 1465. Bordeaux, France.