نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹٤ – کرج

تعیین ضخامت پوسته تخم‌مرغ با استفاده از امواج فراصوت و بررسی ارتباط آن با استحکام پوسته تخم‌مرغ

سیروس امینی[۱*]، داود محمد زمانی[۲] و احسان شهرامی[۳]
۱ـ کارشناسی‌ارشد مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی
۲ـ عضو هیئت علمی و استادیار دانشگاه آزاداسلامی، واحد تاکستان
۳ـ استادیار مرکز آموزش جهاد کشاورزی استان قزوین، گروه علوم دامی
ایمیل مکاتبه کننده: siroosamini12@yahoo.com

چکیده

در این پژوهش تلاش شد تا دو ویژگی اصلی پوسته تخم‌مرغ شامل ضخامت و استحکام پوسته مورد مطالعه قرار گیرد؛ براین‌اساس نمونه‌برداری تصادفی از صدوهشتاد عدد تخم‌مرغ تازه و سالم از نژاد بونز انجام پذیرفت، جهت اندازه‌گیری ضخامت پوسته تخم‌مرغ از چهار روش اندازه‌گیری ضخامت ساعت اندیکاتور، امواج فراصوت، میکرومتر و نورسنج استفاده شد، روش اندازه‌گیری تخریبی ساعت اندیکاتور با توجه به دقت در اندازه‌گیری ضخامت از میان این چهار روش به عنوان روش شاهد در نظر گرفته شده، و با تحلیل و مقایسه داده‌ها در ٤ تیمار و ۹ تکرار، وجود اختلاف معنی‌دار بین روش‌های اندازه‌گیری ضخامت مورد تایید قرار گرفت، کمترین میزان خطای اندازه‌گیری نسبت به روش شاهد مربوط به روش اندازه‌گیری امواج فراصوت به میزان ۷٫۱٪ و بیشترین میزان خطای اندازه‌گیری مربوط به روش نورسنجی به میزان ۱۵٫۷٪ بود، بررسی همبستگی میان استحکام و ضخامت پوسته، بیانگر وجود ارتباط بین این دو ویژگی مهم پوسته تخم‌مرغ است.

واژه‌های کلیدی: تخم‌مرغ، پوسته، ضخامت، استحکام.

مقدمه

با توجه به توسعه جوامع بشری و توسعه شهرها و کشورها و متمرکز شدن جمعیت در جوامع مختلف، نیاز به تامین غذا برای جوامع بشری از اهمیت بسزایی برخوردار شده است؛ رشد جمعیت در جهان که به صورت روز افزونی در حال افزایش است، نیاز به منابع غذایی و نیز اهمیت به کارگیری روش‌های نوین برای توسعه و تولید و مطالعه بر روی محصولات غذایی در جوامع را به ویژه برای تولیدکنندگان موادغذایی و پروتئینی آشکار می‌سازد؛ با توجه به اهمیت بخش دامپروری (دام و طیور) به عنوان یکی از بخش‌های مهم در تولید موادغذایی و پروتئینی در ایران با به کارگیری روش‌های جدید در تولیدات این بخش، با افزایش راندمان تولید و به کارگیری صحیح نهاده ها، می توان میزان تولیدات محصولات پروتئینی را افزیش داده و در کمک به ایجاد امنیت غذایی

در جامعه نقش بسزایی را ایفا کرد؛ تخم‌مرغ یکی از منابع اصلی پروتئین حیوانی در کشور های توسعه یافته و در حال توسعه است؛ سالانه بیش از ٦٥ میلیون تن تخم‌مرغ در جهان تولید می شود؛ کشور چین با داشتن ۱۵۰۰ میلیون قطعه مرغ تخمگذار، ٤٠ ٪ تخم‌مرغ جهان را تولید می کند و بزرگترین تولیدکننده و صادرکننده تخم‌مرغ در دنیا محسوب می شود؛ (کمیسون بین المللی تخم‌مرغ، ۲۰۱۳)؛ ایران در سال ۲۰۱۱ با تولید ۱/۲٦ ٪ پانزدهمین کشور تولیدکننده تخم پرندگان در دنیا بوده است (مینچ و همکاران، ۲۰۱۱)؛ ایران در سال ۲۰۱۳ با تولید سالانه ۸۵۰ هزار تن، دهمین تولیدکننده تخم‌مرغ جهان محسوب می‌شود و جزء کشورهایی است که ۸۵ ٪ تولید جهانی تخم‌مرغ را بر عهده دارند، کشور ایران با دارا بودن ۱۵۲۰ واحد مرغداری تخمگذار و ٦٣ میلیون قطعه مرغ تخمگذار از تولیدکنندگان مهم قاره آسیا در این زمینه می باشد (کمیسیون بین‌المللی تخم‌مرغ، ۲۰۱۳)؛ تولید تخم هایی که کیفیت پوسته خوب و کیفیت درونی مناسب داشته باشند برای صنعت جهانی پرورش طیور اهمیت اقتصادی و حیاتی دارد؛ هزینه مشکلات مربوط به کیفیت تخم‌مرغ سالانه میلیون ها دلار برآورد می شود (روبرتس، ۲۰۰٤)؛ زیان اقتصادی وارد شده به صنعت تخم پرندگان کشور آمریکا که ناشی از مشکلات کیفیت پوسته است، سالیانه در حدود ٤٨٠ میلیون دلار برآورد می شود (کشاورز، ۲۰۰۳)؛ این زیان در سال ۱۹۸۸ در استرالیا بیش از ۱۰ میلیون دلار استرالیا بوده است؛ همچنین فراوانی ۲/۵ ٪ تخم های شکسته و ٤ ٪ پوسته ضعیف سبب ضرر ۳۰ تا ۳۵ میلیون دلاری صنعت تولید تخم‌مرغ کشور مکزیک در سال ۲۰۰۵ شده است؛ بنابر این داشتن درک صحیحی از ساز و کارهای موثر بر کیفیت، ضخامت و استحکام پوسته تخم‌مرغ در صنعت طیور اهمیت بسیار زیادی دارد (دستار،۱۳۹۰).

اهمیت اندازه‌گیری ضخامت پوسته تخم‌مرغ

یکی از عوامل مهم که لزوم تعیین ضخامت پوسته تخم‌مرغ را برای تولیدکنندگان تخم‌مرغ و محققان این بخش بیان می کند، نقش پوسته و ضخامت آن در فرآیند تنفس جنین از طریق پوسته تخم‌مرغ می باشد؛ منافذ پوسته تخم‌مرغ به صورت سوراخ‌های ساده شیپوری شکلی است که در سطح پوسته می باشد، البته در اکثر گونه ها این منافذ به صورت شعاع هایی در پوسته قرار دارد و شاخه هایی که به طور طولی حول محور طولی تخم‌مرغ قرار دارند (Board,et al., 1980).

منافذ تخم‌مرغ ناشی از مناطقی از پوسته است که به طور کامل کریستالیزه نشده اند، عمل منافذ پوستی تخم تامین یک سازوکار تبادل شیمیایی بین محفظه هوایی تخم‌مرغ و محیط خارج آن می باشد؛ تبادل اکسیژن و دی اکسید کربن و آب از طریق انتقال غیر فعال صورت می گیرد، اگر غلظت این مولکول ها در فضای درون سلول تفاوت زیادی با بیرون داشته باشد، مولکول ها از غشاء عبور میکنند و به طرف مقابل می روند تا تفاوت غلظت ها کاهش پیدا کند، به همین دلیل غشای پوسته نقش مهمی در این تبادلات گازی ایفا می کند، تعداد و طول منافذ (ضخامت پوسته) بر میزان متابولیک نسبی جنین تاثیر گذاری دارند (Tullett, 1984).

ویژگی‌های مهم قابل اندازه‌گیری درتخم‌مرغ

تعیین ضخامت با روش مخرب

ضخامت پوسته تخم‌مرغ ها با استفاده از میکرومتر با دقت های ۰/۰۰۱ تا ۰/۰۱ میلیمتر اندازه‌گیری می شود، پس از شکستن هر تخم‌مرغ و تخلیه محتویات داخلی تخم‌مرغ ها و خشک شدن پوسته های آن ها، سه نمونه پوسته از ناحیه استوایی

(میانی) تخم‌مرغ در فواصل مناسب از هم تهیه و ضخامت هر نمونه بر اساس میانگین این سه نمونه بر حسب میلی متر اندازه‌گیری می شود (Hunt, 2007).

تعیین استحکام پوسته در برابر شکستگی

استحکام پوسته معمولا به وسیله فشار شبه استاتیکی اندازه‌گیری می شود که در آن تخم‌مرغ تحت شرایط کنترل شده تحت فشار قرار می گیرد تا زمانی که پوسته ترک برداشته یا شکسته شود و سپس کمینه نیروی مورد نیاز برای ایجاد شکست در پوسته ی تخم‌مرغ ثبت می شود؛ تعیین بد شکلی پوسته شاید به صورت غیر تخریبی (عدم نیاز به شکستن پوسته تخم‌مرغ) باشد که درآن انحراف یا شکست پوسته تحت یک نیروی وارده مورد اندازه‌گیری قرار می گیرد یا به صورت تخریبی (نیاز به شکستن پوسته تخم‌مرغ) است که به صورت اندازه پوسته بهم فشرده شده قبل از شکست پوسته اندازه‌گیری می شود (Hunt, 2007).

تعیین ساختار درونی پوسته

مطالعه کیفیت ساختمان پوسته به وسیله مطالعه ساختار درونی پوسته تخم‌مرغ با استفاده از اسکن میکروسکوپ الکترونی صورت می‌گیرد. تکنیک‌های جدید مثل اندازه‌گیری سختی دینامیک که در اثر برخورد جسم خارجی به سطح پوسته تخم‌مرغ اندازه‌گیری می‌شود، نیز توسعه پیدا کرده است و با روش¬های سنتی و قدیمی قبلی قابل مقایسه می باشد (VOISEY, 2007).

تعیین وزن مخصوص تخم‌مرغ

وزن مخصوص یک تخم‌مرغ کامل به وسیله فرو بردن تخم‌مرغ ها در محلول های نمک با وزن مخصوص مختلف تعیین می شود، بدین صورت که در هر محلولی که تخم‌مرغ در آن شناور شد، وزن مخصوص آن تخم‌مرغ است، وسایل خاصی جایگزین این روش شده است که بر اساس اصول ارشمیدس به کار می روند (VOISEY, 2007).

کیفیت پوسته تخم‌مرغ

کیفیت پوسته تخم‌مرغ به وسیله روش های مختلف اندازه‌گیری می شود؛ برخی از این روش ها نیازمند شکستن تخم‌مرغ است؛ علاوه بر آن برخی از روش ها به صورت مستقیم بوده و برخی دیگر غیر مستقیم هستند، روش های مستقیم شامل اندازه‌گیری استحکام پوسته مثل مقدار نیرویی که سبب شکستن تخم‌مرغ می شود، نیروی سوراخ شدن یا فشار شبه ساکن است و روش های غیر مستقیم شامل وزن مخصوص، تغییر شکل یافتن غیر تخریبی (تغییر شکل تخم‌مرغ که نیاز به شکستن تخم‌مرغ نیست)، ضخامت پوسته و وزن پوسته است؛ اندازه‌گیری استحکام پوسته و بد شکلی پوسته (به صورت تخریبی و غیر تخریبی) نیازمند استفاده از تجهیزات خاصی است (VOISEY, 2007).

امواج صوتی

صوت پدیده ای فیزیکی است که انرژی را از یک نقطه به نقطه دیگر منتقل می کند، به همین دلیل، صوت مشابه یک پرتو است؛ با این حال، صوت با پرتو تفاوت دارد، چرا که تنها می تواند از طریق محیط های مادی انتقال یابد و همانند یک پرتو از خلأ عبور نمی کند؛ دلیل این مسئله انتقال صوت از طریق به ارتعاش در آوردن محیط مادی است؛ از این رو اگر ماده ای وجود نداشته

باشد، چیزی نیست که به ارتعاش در آید و انرژی را انتقال دهد، یکی از مهمترین مشخصه های صوت بسامد (فرکانس) آن است، که معادل سرعت ارتعاش منبع صوت و ماده می باشد؛ واحد فرکانس هرتز است که معادل یک نوسان در هر ثانیه است، گوش انسان نمی تواند نسبت به تمام فرکانس های صوتی عکس العمل نشان دهد؛ به عبارت دیگر، گوش انسان توانایی شنیدن تمامی فرکانس‌های صوتی را ندارد؛ محدوده فرکانس هایی که توسط گوش یک انسان بزرگسال عادی قابل شنیدن است بین ۲۰ هرتز تا ۲۰،۰۰۰ هرتز (۲۰ کیلو هرتز) قرار دارد؛ در ساختمان گوش، اصوات مایع درون حلزونی گوش را به ارتعاش در می آورد و این ارتعاش در اثر پدیده ای که به نام تشدید صوت موسوم است، می تواند فقط تارهای مشخصی را به ارتعاش در آورد؛ هر اندازه صوت زیرتر یا به عبارتی فرکانس آن بیشتر باشد تارهایی را که کوتاهتر است به ارتعاش در می آورد؛ اما طول این تارها از حد مشخصی کمتر نیست؛ از این رو صداهایی که فرکانس آن ها از حد مشخصی بیشتر نباشد شنیده می شوند؛ چون فرا صوت ارتعاشاتی هستند که فرکانس شان از ۲۰۰۰۰ هرتز بیشتر است، بنابر این شنیده نمی شوند.

مواد و روش‌ها

این پژوهش بر اساس داده برداری از ۱۸۰ عدد تخم‌مرغ تازه تولید روز، نژاد بونز، تولیدی مرکز آموزش جهاد کشاورزی استان قزوین انجام پذیرفته است، شرایط نگهداری این نمونه ها کاملا یکسان و قابل کنترل توسط کارشناسان مرکز تولید بوده است، همان گونه که در شکل ذیل نشان داده شده است، نمونه های مورد استفاده در این پژوهش به صورت کاملاً تصادفی انتخاب شده است و با توجه به تصادفی بودن انتخاب تخم‌مرغ ها شماره گذاری نمونه ها نیز بر اساس شماره انتخاب تخم‌مرغ ها می باشد و بر اساس معیار مشخصی ترتیب بندی نشده است.

(ب) (الف)

شکل ۱ : نمونه‌های مورد آزمایش قرار گرفته در پژوهش

در این تحقیق با اندازه‌گیری ضخامت پوسته تخم‌مرغ با استفاده از چهار روش اندازه‌گیری، امواج فراصوت، نورسنجی، ریز سنج (میکرومتر) و ساعت اندیکاتور اطلاعات مرتبط به ضخامت پوسته نمونه ها جمع آوری شده است، همچنین با استفاده از روش مخرب اندازه‌گیری دقیق تعیین ضخامت به وسیله دستگاه سایه نگار که دقت بالایی در اندازه‌گیری ضخامت سطوح دارد، به منظور انتخاب روش شاهد، در بین این چهار روش، روش مخرب ساعت اندیکاتور با توجه به دقت بیشتر در اجرا به عنوان روش شاهد

جهت مقایسه با سایر روش ها، تعیین گردیده است؛ با توجه به خصوصیت فیزیکی تخم‌مرغ، اندازه‌گیری ها در ناحیه کمری تخم‌مرغ که ضخامت پوسته نسبت به سایر نقاط پوسته کمتر است و آسیب پذیری بیشتری نیز دارد، انجام شده است؛ اندازه‌گیری ها به صورت اندازه‌گیری از سه نقطه در ناحیه ی کمر تخم‌مرغ و با محاسبه میانگین این سه نقطه در نظر گرفته شده است؛ همچنین اندازه‌گیری میزان استحکام پوسته تخم‌مرغ در مرکز پژوهش مرکزی جهاد کشاورزی استان البرز توسط دستگاه تعیین استحکام مکانیکی پوسته تخم‌مرغ با اعمال نیروی فشار در ناحیه کمر تخم‌مرغ اندازه‌گیری شده است؛ اندازه‌گیری ضخامت پوسته تخم‌مرغ به روش نور سنجی نیز توسط دستگاه نورسنج در این مرکز انجام پذیرفت؛ اندازه‌گیری ضخامت پوسته تخم‌مرغ به روش امواج فراصوت در دو مرکز تحقیقاتی انجام شده است؛ ابتدا اندازه‌گیری با دستگاه ضخامت سنج فراصوت دقیق PG-۷۰ موجود در شرکت پویش راه استان تهران و همچنین اندازه‌گیری با دستگاه عیب یاب و ضخامت سنج فراصوت Sitescan۲۵۰ موجود درآزمایشگاه مکانیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان، همچنین اندازه‌گیری ضخامت پوسته به روش مخرب میکرومتر و ساعت اندیکاتور با تجهیزات موجود درآزمایشگاه مکانیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان انجام شده است، تمام اندازه‌گیری‌ها این تحقیق با ابزارهای اندازه‌گیری کالیبره شده دارای گواهینامه کالیبراسیون انجام شده است، در این آزمایش از یک طرح کاملا تصادفی با ٤ تیمار (روش های اندازه‌گیری) و ۹ تکرار (میانگین داده ها) که بیست عدد تخم‌مرغ در داخل هر تکرار وجود دارد، استفاده شده است؛ مجموعا از صد و هشتاد عدد تخم‌مرغ استفاده شد؛ توزیع تخم‌مرغ ها در داخل تیمارها (روش‌ها) و تکرارها به صورت کاملا تصادفی بوده است ؛ آنالیز داده ها با استفاده از نرم افزار SAS و SPSS انجام پذیرفته است، مقایسه میانگین ها با یکدیگر توسط آزمون اف و آزمون دانکن و مقایسه تیمارها با تیمار شاهد توسط آزمون LSD انجام گرفته است، بررسی وجود ارتباط معنی دار بین ضخامت و استحکام پوسته و میزان ضریب همبستگی و معادله رگرسیون مرتبط با این دو ویژگی و بررسی میزان همبستگی مثبت تیمارها (روش ها) با تیمار شاهد توسط نرم افزار SPSS انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

مقایسه نتایج تحلیل آنالیز میانگین‌های اندازه‌گیری ضخامت پوسته توسط دستگاه های امواج فراصوت وجود اختلاف معنی‌دار میان مقادیر را بیان نمی کند، برای مقایسه میانگین بیش از دو روش اندازه‌گیری از روش آزمون آنالیز واریانس استفاده شده است، در تحلیل این پژوهش مدل های آماری بر اساس چهار تیمار (روش‌ها) و نه تکرار (میانگین ها) انتخاب گردیده است، در تحلیل آماری داده‌های این صد و هشتاد عدد تخم‌مرغ نمونه، به چهار روش اندازه‌گیری فراصوت، نورسنجی، ساعت اندیکاتور و میکرومتر، با مقایسه میانگین‌ها (تکرار) در هر روش (تیمار) با استفاده از تحلیل آزمون F توسط نرم افزار تحلیل آماری SAS مشخص گردیده است، با توجه به جدول تجزیه واریانس ارائه شده در جدول ۱ بیانگر معنی دار بودن آزمون بوده و نشانگر وجود اختلاف بین تیمارهای (روش‌ها) می باشد.

جدول۱: تجزیه واریانس آزمون F

منابع تغییر	SS	Df	MS	F
تیمار (T)	۰/۰۵۸۵۵٦۱۹**	۳	۰/۰۱۹۵۱۸۷۳	۲۱۸/٦٤
اشتباه (E)	۰/۰۰۲۸۵٦۷۲	۳۲	۰/۰۰۰۰۸۲۹۷	

کل (G)	۰/۰۶۱۴۱۲۹۱	۳۵	

تحلیل داده‌ها با آزمون دانکن

با توجه به جدول ۲، مقایسه میانگین چهار روش به روش آزمون دانکن انجام پذیرفته است و تحلیل داده ها با ایـن آزمـون وجود اختلاف معنی دار روشهای اندازه‌گیری ضخامت پوسته تخم‌مرغ بدست آمد، نتیجه این آزمـون اخـتلاف معنـی دار در سطح احتمال ۰/۰۱ را نشان می دهد.

جدول ۲ : مقایسه میانگین ها به روش آزمون دانکن

تیمار	میانگین ها
میکرومتر	۰/۳۵٤۹ b
ساعت اندیکاتور(شاهد)	۰/٤۰۹ a
اولتراسونیک	۰/۳۲۹۷ c
نور سنجی	۰/۲۹۹ d
SE	۰/۰۰۳۱
P-VALUE	۰/۰۰۰۱

a,b,c,d : حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار درسطح احتمال یک درصد است.

نتایج به دست آمده از آزمون آنالیز واریانس و آزمون دانکن بیانگر این موضوع می باشد، که بین چهار روش اندازه‌گیری ضخامت پوسته تخم‌مرغ، اختلاف معنی داری وجود داشته است؛ پس به منظور مقایسه روش‌های اندازه‌گیری با یکدیگر و انتخاب روش اندازه‌گیری مطلوب از میان این چهار روش با توجه به امکانات موجود نسبت به انتخاب روش اندازه‌گیری شاهد، که دقت بالایی در اندازه‌گیری ضخامت پوسته تخم‌مرغ داشته باشد، اقدامات لازم انجام پذیرفته است؛ روش اندازه‌گیری ساعت اندیکاتور با توجه به این که روش اندازه‌گیری مستقیم و غیر تخمینی می باشد و با توجه به نزدیکی دقت اندازه‌گیری مقادیر اندازه‌گیری شده آن به دستگاه دقیق اندازه‌گیری سایه نگار به عنوان روش اندازه‌گیری شاهد در نظر گرفته شده است ، بررسی ضریب همبستگی پیرسون نشان داده است که ضریب همبستگی روش فراصوت ۰/۸۵۸، روش نورسنجی ۰/٦۸۸ و روش میکرومتر ۰/۵۳۵ می باشد که بیانگر این مسئله می باشد که کمترین دقت اندازه‌گیری ضخامت در مقایسه با روش اندازه‌گیری شاهد، مربوط به روش اندازه‌گیری ضخامت میکرومتر و بیشترین دقت اندازه‌گیری ضخامت مربوط به روش اندازه‌گیری ضخامت فراصوت و سپس اندازه‌گیری ضخامت نور سنجی می باشد.

جدول ۳: مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون LSD و ضریب همبستگی پیرسون

تیمار	میانگین	d	درصد اختلاف از شاهد	ضریب همبستگی پیرسون
ساعت اندیکاتور(شاهد)	۰/۳۵۴۹	.....	.....	۱
میکرومتر	۰/۴۰۹	-۰/۰۵۴۱	٪۱۳	۰/۵۳۵
فراصوت	۰/۳۲۹۷	۰/۰۲۵۲	٪ ۷/۱	۰/۸۵۸
نورسنجی	۰/۲۹۹	۰/۰۵۵۹	٪۱۵/۷	۰/۶۸۸

نتیجه گیری

مقایسه میانگین‌های چهار روش اندازه‌گیری به روش آزمون دانکن و تحلیل داده ها با این آزمون وجود اختلاف معنی دار روش های اندازه‌گیری ضخامت در سطح احتمال ۰/۰۱ را نشان می دهد ($p<0/01$)؛ به منظور مقایسه روش های اندازه‌گیری با یکدیگر و انتخاب روش اندازه‌گیری مطلوب از میان این چهار روش، روش اندازه‌گیری ضخامت ساعت اندیکاتور به عنوان روش شاهد انتخاب شده است، با توجه به نتایج تحلیل و مقایسه روش های اندازه‌گیری ضخامت با روش اندازه‌گیری شاهد، بر این اساس روش فراصوت خطای به میزان ۷٫۱٪ روش نورسنجی خطای به میزان ۱۵٫۷٪ و روش میکرومتر خطای به میزان ۱۳٪ را، نسبت به روش شاهد نشان داد که بیانگر این مسئله می باشد که کمترین اختلاف اندازه‌گیری ضخامت با روش شاهد مربوط به روش اندازه‌گیری ضخامت فراصوت می باشد و بیشترین اختلاف اندازه‌گیری ضخامت با روش شاهد مربوط به روش اندازه‌گیری ضخامت نورسنجی می باشد، ضریب همبستگی مثبت روش‌های اندازه‌گیری با روش شاهد به صورت ضریب همبستگی مثبت روش فراصوت به میزان ۰/۸۵۸، روش نورسنجی به میزان ۰/٦۸۸ و روش میکرومتر به میزان ۰/۵۳۵ به دست آمد که بیانگر این مسئله می باشد که کمترین دقت اندازه‌گیری ضخامت در مقایسه با روش اندازه‌گیری شاهد مربوط به روش اندازه‌گیری ضخامت میکرومتر و بیشترین دقت اندازه‌گیری ضخامت مربوط به روش اندازه‌گیری ضخامت فراصوت و سپس اندازه‌گیری ضخامت نورسنجی می باشد؛ وجود ارتباط میان استحکام پوسته و میزان ضخامت اندازه‌گیری شده توسط تحلیل روش های اندازه‌گیری با استحکام پوسته تایید شده است؛ در روش اندازه‌گیری با امواج فراصوت میزان همبستگی مثبت به میزان ۰/۳۳۱، میان استحکام پوسته و ضخامت پوسته تعیین گردیده است؛ در روش اندازه‌گیری با ساعت اندیکاتور؛ میزان همبستگی مثبت به میزان ۰/۳۳٦ ، میان استحکام پوسته و ضخامت پوسته تعیین گردیده است؛ در روش اندازه‌گیری با میکرومتر؛ میزان همبستگی مثبت به میزان ۰/۳٦٦ میان استحکام پوسته و ضخامت پوسته تعیین گردیده است؛ در روش اندازه‌گیری با نورسنجی؛ میزان همبستگی مثبت به میزان ۰/٤۲۸ میان استحکام پوسته و ضخامت تعیین گردیده است؛ با استناد به نتایج به دست آمده در پژوهش به نظر می رسد روش اندازه‌گیری غیر مخرب فراصوت با توجه به نزدیکی مقادیر اندازه‌گیری شده به روش‌های مخرب غیر تخمینی، مستقیم و دقیق، می‌تواند جایگزینی مناسبی برای این روش‌ها باشد.

منابع

۱. ابونجمی، م. ۱۳۸۸. کاربرد امواج فراصوت در تعیین غیر مخرب برخی ویژگی های کیفی تخم‌مرغ. پایان نامه دکتری. دانشکده پردیس کشاورزی و منابع طبیعی. دانشگاه تهران.
۲. ایوز، م. ۱۳۹۲. کاربرد امواج فراصوت در فرآوری موادغذایی به عنوان یک روش تخریبی. مقاله کنفرانس. بیست یکمین کنگره علوم وصنایع غذایی ملی.
۳. حاج صادق، نادر. ۱۳۷۷. مروری بر عوامل موثر بر کیفیت تخم‌مرغ. پایان نامه دکتری. دانشکده‌کشاورزی. دانشگاه تهران.
٤. خراسانیان، م. ۱۳۸۹ تئوری و عملی ابزار دقیق (تالیف: جی ترنر، ام هیل). چاپ اول . انتشارات طراح.
۵. دستار، ب. ۱۳۹۰. راهنمای کاربردی ارزیابی کیفیت تخم‌مرغ. چاپ اول، انتشارات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ص ۷۱ .
٦. ذکی دیزجی، ح .۱۳۸۹. کیفیت سنج فراصوتی برای محصولات کشاورزی. پنجمین کنگره ملی مهندسین ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون. مشهد. ایران.
۷.زارع زاد، م. ۱۳۹۲. برخی از کاربرد امواج فراصوت درصنایع غذایی. مقاله کنفرانس. بیست‌و یکمین کنگره علوم و صنایع غذایی ملی.

۸. قشلاقی علیایی، م. ۱۳۹۰. تاثیر پودر ضایعات گشتارگاهی طیور بر عملکرد کیفیت تخم‌مرغ و متابولیت های خونی مرغ‌های تخمگذار تجاری در اواسط دوره تخمگذاری. مجله پژوهش‌های علوم دام. جلد ۲۱. شماره ۱.
۹. معمار دستجردی، ر. ۱۳۹۰. طراحی و ساخت و آزمایش متمرکز کننده نمایی به منظور اندازه‌گیری ویژگی‌های محصولات کشاورزی. نشریه ماشین های کشاورزی. جلد۲ شماره ۲ ص ۷٤–۸۳.

10. Avin Embryology Methods in Cell Biology. Volume 87. Edit: Maranbronner
11. Board, R. G. 1980. The avian eggshell-A resistance network. J. Appl. Bacteriol. 48: 303-313.
12. Jacqueline P.Jacob, Richard D.Miles and F.Ben Mather.2001. Egg Quality. Extension Service of Florida University.
13. Keshavarz, K. 2003. Effect of reducing dietary protein, methionine, choline, folic acid and vitamin B_{12} during the late stage of egg production cycle on performance and egg shell quality. Poultry Science. 82: 1407-1414
14. Mifflin Company. 2000. *The American Heritage Dictionary of the English Language, Fourth Edition*, Houghton, archived from the original on June 25, 2008, retrieved May 20, 2010
15. Neumaier, Helmmut-Fischer. 2005. Measurement of the coating thickness on galvanized steel sheet by Peter. JOT (international surface technology) magazine
16. Nikpour. K .2013. Egg quality assessment standards. Monday, Retrieved May 16, 2012. from Project Muse database, on the World Wide Web: /http//www.seamorgh.com
17. PETER W. VOISEY and J. R. HUNT· Journal of Texture Studies Volume 5, Issue 2, pages 135–182.2007
18. Roberts, R. and Ball, W. 2004. Egg quality guidelines for the Australian egg industry. Australian Egg Corporation Limited Publication. 03 / 19, 32 pp
19. SAS,Institue INC.(2008).SAS Users Guide.Version9.2. Statical Analysis System Institue Inc.,Cary,NC,USA.
20. Taizo, L. 2002. Ultrasound Quality Inspection of Avian Eggs. United States Toelken
21. Tullett, S. G. 1984. Minireview. The porosity of avian eggshells. Comp. Biochem. Physiol. 78A:5-13.
22. Vallad khani. N. 2004. the richest source of protein., from Project Muse database, on the World Wide Web: /http//www.tabyan.com

Determining eggshell thickness using ultrasound and its relationship with eggshell strength

Abstract

This research investigates the main specifications of egg shell, that is, the thickness of the shell and its strength. For this purpose random sampling was implemented on 180 fresh & healthy eggs of Bonz race produced at Ghazvin province agricultural jihad organization's training center. To measure the shell thickness, four methods were applied which included indicator hour measurement, ultrasound waves, micrometer and photometer. The indicator hour destructive measurement method is determined was selected as the control method due its precise measurement. Analyzing and comparing data collected regarding 4 treatments (methods) and 9 repeated treatments (Means) in the research, a significant difference was revealed between measurement methods. Moreover, comparing the measurement methods with the control method, the lowest measurement error compared with the control method was that of the ultrasound wave measurement method with 7.1% and the highest was that of the photometer method with 15.7%. Moreover, regression equations are determined for the said measurement methods with the shell strength.

Keywords: egg, shell, thickness, strength**.**