



تعیین برخی خواص فیزیکی لیمو امانی و مدل سازی جرم بر اساس برخی مشخصه های هندسی آن کامبیز کثیری^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۲۵

چکیده:

مشخصه های فیزیکی عامل مهمی در مدل سازی جرم میوه به شمار می آید که منجر به طراحی بهتر ماشین های درجه بندی و بسته بندی می شود. در این تحقیق برخی مشخصه های هندسی لیموترش خشک تعیین و مدل سازی جرم بر اساس مشخصه های هندسی انجام شد. نتایج نشان داد، میانگین جرم، طول، عرض، ضخامت، قطر متوسط هندسی، حجم، میانگین سطح تصویر، حجم تقریبی $4/60$ گرم، $33/85$ میلی متر، $36/06$ میلی متر، $31/62$ میلی متر، $30/64$ میلی متر، $19/24$ سانتیمتر مکعب، $8/08$ سانتیمتر مربع، $17/36$ سانتیمتر مکعب بود. از بین مدل های ابعادی مدل $M=0.1122a+0.1122b+0.1172c-6.337$ ، از مدل سطح تصویر، مدل $M=0.1940 PA_1+0.2648 PA_2+0.2198 PA_3-0.8828$ و از مدل حجم، مدل $M=0.212V_{ELL}+0.919$ بهترین برازش را نشان دادند (در این روابط a ، b ، c ، PA_1 ، PA_2 ، PA_3 و V_{ELL} به ترتیب جرم، طول، عرض، ضخامت، سطح تصویر اول، سطح تصویر دوم، سطح تصویر سوم، حجم تخمینی بودند). نتایج تی - تست جفتی نیز دقت مدل ها را تأیید نمود.

واژه های کلیدی: لیمو ترش خشک، جرم، مدل سازی، مدل جرمی، مشخصه های هندسی

مقدمه:

کشور ایران با داشتن تنوع آب و هوایی و گستردگی در مناطق جغرافیایی مختلف از نظر تولید محصولات کشاورزی از اهمیت بسزایی برخوردار است. بطوری که محصولات کشاورزی ایران به دلیل شرایط اقلیمی خاص از لحاظ کیفیت دارای ویژگی های مطلوب هستند.

لایم از گونه مرکبات می باشد و دارای ۲ گونه اسیدی و غیر اسیدی می باشد. لایم اسیدی به ۲ گونه کی لایم که در ایران به لیمو شیشه، لیمو جهرمی، لیمو عمانی، لیمو شیرازی و نظایر آنها معروف است و پرشین لایم تقسیم می شود و کاملاً با لیموترش اورکاو لیسبون که آنها هم لیموترش نامیده می شوند و در حقیقت لیموترش واقعی هستند تفاوت بسیار دارد ولی در زبان فارسی هر دو به نام لیموترش نامیده می شود. این رقم بومی مکزیک است ولی اختلاف عقیده در این مورد وجود دارد و به همین دلیل این لایم در محافل بین المللی به سه نام مکزیکین لایم، وست لایم و کی لایم معروف است که در حقیقت یک رقم است و به شک های گرد و کشیده دیده می شود. لیموترش یکی از مهمترین و اقتصادی ترین محصولات

باغی در جنوب ایران است. لیموترش در ایران در سطح وسیعی معادل ۴۱۸۰۰ هکتار، کشت می شود و استان هرمزگان با ۷۰ درصد کل تولید، قطب لیموترش در ایران می باشد. بر اساس آمار سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (فائو، ۲۰۱۰) ایران با تولید ۶۱۵۰۰۰ تن در میان ۱۰ کشور برتر تولید لیمو در جهان قرار دارد. اگرچه در آشپزی از پوست و گوشت لیمو استفاده می شود، اما لیموها را بیشتر به علت آب آنها پرورش می دهند. لیمو ترش حاوی مقدار زیادی اسید سیتریک است که موجب طعم ترش آن می گردد. تفاله حاصل از آبگیری لیموترش دارای فیبرهای رژیمی به میزان بالا، ویتامین های اسید آسکوربیک، بیوتین، اسید فولیک، پیریدوکسین و اینوزیت و لو نیز میزان مناسب و قابل توجه پکتین می باشد.

درجه بندی کیفی و عدم رعایت شاخص های بازاری پسند، نبودن امکانات حمل و نقل سریع و مناسب، محصولات صادراتی کشور - مان علیرغم کیفیت طبیعی و اولیه مطلوب، نتوانسته اند با سایر صادر کنندگان میوه و تره بار رقابت نمایند و در نتیجه بسیاری از صادر کنندگان دچار ضرر و زیان هایی نیز شده اند که این موضوع باعث ضعیف شدن انگیزه صادرات این گونه محصولات شده

^۱ - دانش آموخته کارشناسی ارشد، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران
نویسنده مسؤول: gholamihasan@yahoo.com



بندی بر اساس جرم و اندازه و بسته‌بندی مناسب جهت صادرات و همچنین مصارف داخلی می‌شود، تا باعث سهولت بسته‌بندی، کاهش تلفات و افزایش بازارپسندی آن‌ها شود.

در تحقیقی مدل‌سازی ریاضی به منظور تخمین جرم و حجم لیموترش با استفاده از ابعاد و سطح تصویری صورت پذیرفت. مدل‌ها به صورت تک و چند پارامتری ایجاد شدند. همچنین خصوصیات فیزیکی لیموترش شامل ابعاد هندسی، جرم، حجم، دانسیته میوه و توده، ضریب اصطکاک و سطح تصویری میوه اندازه‌گیری شدند. سطح تصویری لیموترش با استفاده از تکنیک پردازش تصویر و در ۳ بعد محاسبه گردید (تقی زاده و جاجرمی، ۱۳۹۴). در تحقیقی هجده مدل رگرسیون خطی برای مدل‌سازی جرم میوه هلو بر اساس برخی مشخصه‌های هندسی میوه هلو مانند قطر بزرگ (a)، قطر متوسط (b)، قطر کوچک (c)، قطر متوسط هندسی (GMD)، سطح تصویر اول (PA₁)، سطح تصویر دوم (PA₂)، سطح تصویر سوم (PA₃)، میانگین سطوح تصویر (CAE)، حجم تخمینی بر مبنای بیضیگون بودن شکل هلو (VELL)، و حجم اندازه‌گیری شده (VM) پیشنهاد شد. مدل‌های رگرسیون خطی در سه گروه ارائه شدند، گروه اول مدل‌های رگرسیون خطی یک متغیره و چند متغیره جرم بر اساس ابعاد خارجی هلو، گروه دوم مدل‌های رگرسیون یک متغیره و چند متغیره جرم بر اساس سطوح تصویر هلو و گروه سوم مدل‌های یک متغیره جرم بر اساس حجم تخمینی و حجم اندازه‌گیری شده هلو. نتایج حاصل از تحلیل آماری نشان داد که در پیش‌بینی جرم میوه هلو با استفاده از مدل‌های گروه اول، مدل $M = -152.35 + 2.09c + 2.38b$ با ضریب تبیین $R^2 = 0.93$ و با استفاده از مدل‌های گروه دوم، مدل $M = -32.71 + 5.34PA_3$ با ضریب تبیین $R^2 = 0.93$ و با استفاده از مدل‌های گروه سوم، مدل $M = 3.90 + 1.03VELL$ با ضریب تبیین $R^2 = 0.91$ قابل انتخاب هستند. از مدل‌های انتخابی می‌توان در طراحی و ساخت ماشین‌های اندازه‌بندی میوه هلو که مجهز به سیستم پردازش تصویر هستند استفاده نمود (لطفی، ۱۳۹۱).

رشیدی و سیفی (۲۰۰۸) مدل‌هایی برای مدل‌سازی جرم میوه کیوی ارائه کردند، در مدل‌سازی جرم میوه کیوی ۸ مدل رگرسیون و مدل‌ها در دو گروه ارائه شدند. نتایج نشان داد که پیش‌بینی مدل جرمی بر اساس گروه اول، مدل $M = 2.19a - 59.36$ با ضریب تبیین $R^2 = 0.74$ و بر اساس گروه دوم، مدل $M = 4.06PA_1 - 19.35$ با ضریب تبیین $R^2 = 0.94$ پیشنهاد گردید.

بر این اساس اندازه‌گیری و یا محاسبه برخی از پارامترهای

و از طرف دیگر درآمد حاصل از صادرات میوه و تره‌بار کشور ممکن است کاهش یابد.

شناخت خصوصیات فیزیکی محصولات کشاورزی از جمله پارامترهای ضروری به منظور طراحی تجهیزات برداشت، درجه‌بندی، جداسازی و تخمین میزان بار حرارتی در فرایند نگهداری میوه می‌باشد (Mohsenin, 1978). همچنین خصوصیات فیزیکی محصولات کشاورزی در پذیرش آن از جانب مصرف‌کنندگان نیز دارای اهمیت قابل ملاحظه‌ای می‌باشد (طاهری و همکاران، ۲۰۱۱).

به صورت کلی مصرف‌کنندگان، میوه‌هایی با شکل و اندازه یکسان و همچنین بافت و رنگ مناسب را بیشتر مورد توجه قرار می‌دهند (Steenkamp, 1997). در بین خصوصیات فیزیکی، جرم، حجم و سطح تصویری میوه اهمیت بیشتری را در طراحی تجهیزات مربوط به سیستم‌های جداسازی دارا می‌باشند. (میرزایی و همکاران، ۲۰۰۸).

امروزه طراحی و ساخت دستگاه‌های سورتینگ یا سورت‌های الکترومکانیکی برای جداسازی میوه‌ها و محصولات کشاورزی بر اساس وزن، اندازه، شکل، رنگ و حتی، چگالی، سفتی، میزان آسیب دیدگی یا لکه‌دار بودن، طعم و ویژگی‌های داخلی با هدف کاهش زمان عملیات و هزینه کارگری، افزایش دقت جداسازی و راندمان کاری، بسیار مورد توجه مهندسان و سازندگان قرار گرفته است. (هاشمی‌نژاد، ۱۳۸۶). مشخصه‌های فیزیکی عامل مهمی در مدل‌سازی جرم میوه به‌شمار می‌آید که منجر به طراحی بهتر ماشین‌های درجه‌بندی و بسته‌بندی می‌شود.

با توجه به سیاست‌های دولت صادرات میوه و سبزیجات تازه به خارج از کشور شدت گرفته، اما به دلیل عدم وجود امکانات بسته‌بندی مناسب، عدم درجه‌بندی کیفی و عدم رعایت شاخص‌های بازارپسند، نبودن امکانات حمل و نقل سریع و مناسب، محصولات صادراتی کشورمان علیرغم کیفیت طبیعی و اولیه مطلوب، نتوانسته‌اند با سایر صادرکنندگان میوه و تره‌بار رقابت نمایند و در نتیجه بسیاری از صادرکنندگان دچار ضرر و زیان‌هایی نیز شده‌اند که این موضوع باعث ضعیف شدن انگیزه صادرات این گونه محصولات شده و از طرف دیگر درآمد حاصل از صادرات میوه و تره‌بار کشور ممکن است کاهش یابد. از این رو هدف از انجام این پژوهش، مطالعه برخی خصوصیات فیزیکی لیموترش خشک شامل جرم، ابعاد (طول، عرض، ضخامت)، حجم، سطوح تصویر و همچنین مدل‌سازی جرم لیموترش خشک بر اساس برخی مشخصه‌های هندسی آن می‌باشد که منجر به طراحی بهتر ماشین‌های جداسازی و درجه



شد. بزرگترین بعد عمود بر محور طول، عرض و بعد عمود بر طول و عرض، ضخامت تعریف شد.

با محاسبه ریشه سوم حاصلضرب سه قطر، قطر متوسط هندسی (GMD) محاسبه گردید، که در رابطه (۱) نشان داده شده است.

$$GMD = (abc)^{1/3} \quad (1)$$

برای اندازه‌گیری حجم، از روش غوطه‌ور ساختن لیمو خشک در بشر پر از آب استفاده شد. آب جابه‌جا شده درون سینی را در استوانه مدرج ریخته و ارتفاع سیال جابه‌جا شده (h) اندازه‌گیری شده و از رابطه (۲) حجم لیمو خشک بدست آمد.

$$v = \pi d^2 h / 4 \quad (2)$$

برای محاسبه سطوح تصویر، سطح تصویر اول (PA₁)، سطح تصویر دوم (PA₂)، سطح تصویر سوم (PA₃) از روابط (۳) تا (۵) و برای میانگین سطوح تصویر (CAE) هر میوه با استفاده از رابطه (۶) محاسبه گردید.

$$PA_1 = \pi ab / 4 \quad (3)$$

$$PA_2 = \pi ac / 4 \quad (4)$$

$$PA_3 = \pi bc / 4 \quad (5)$$

$$CAE = (PA_1 + PA_2 + PA_3) / 3 \quad (6)$$

و برای اندازه‌گیری حجم تقریبی، با فرض شکل بیضیگون، از رابطه (۷) استفاده می‌گردید.

$$V_{ELL} = \pi abc / 6 \quad (7)$$

مدل رگرسیون خطی

به منظور مدل‌سازی جرم بر اساس مشخصه‌های هندسی، مدل رگرسیون خطی چند متغیره که در رابطه (۸) نشان داده شده است، استفاده گردید.

$$Y = k_0 + k_1 X_1 + k_2 X_2 + \dots + k_n X_n \quad (8)$$

که در آن:

$$Y = \text{متغیر وابسته، در این جا جرم.}$$

$X_1, X_2, \dots, X_n = \text{متغیر مستقل، در این جا مشخصه‌های هندسی.}$

$$k_1, k_2, \dots, k_n = \text{ضرایب ثابت رگرسیون.}$$

در این تحقیق به منظور مدل‌سازی جرم لیمو خشک بر اساس مشخصه‌های هندسی میوه ۱۸ مدل رگرسیون پیشنهاد شد (جدول ۱). برای برازش داده‌ها روش رگرسیون خطی (یک متغیره و یا چند متغیره) بکار گرفته شد و به کمک نرم افزارهای آماری استاتیسیتیکا^۱ و اکسل^۲ مدل‌های مذکور با داده‌ها برازش داده شدند. برای تعیین مناسب بودن برازش علاوه بر ضریب

فیزیکی و هندسی لیمو ترش خشک شامل جرم، ابعاد (طول، عرض، ضخامت)، حجم و سطوح تصویر، مدل‌سازی جرم لیمو ترش خشک بر اساس مشخصه‌های هندسی اندازه‌گیری شده یا محاسبه شده، انتخاب مدل (یا مدل‌های) جرمی مناسب و ارزیابی و تعیین دقت و حدود اطمینان مدل (یا مدل‌های) جرمی انتخاب شده از مهمترین اهداف مطالعه حاضر بوده است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق برخی از مشخصه‌های فیزیکی و هندسی لیمو خشک جهرمی (رقم فرانسه) اندازه‌گیری شد. در پاییز ۱۳۹۹، تعداد ۲۲۰ نمونه سالم انتخاب شد. جهت اندازه‌گیری مشخصه‌های فیزیکی و هندسی به آزمایشگاه منتقل گردید. دمای محیط آزمایشگاه در زمان اندازه‌گیری ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود. برای شماره‌گذاری میوه‌ها استفاده شد. چون میوه‌ها در آب شناور خواهند شد از مازیک ضد آب استفاده گردید، شماره‌گذاری به صورت اعداد فارسی انجام شد.

برای اندازه‌گیری جرم میوه از یک دستگاه ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم ساخت شرکت کرن (Kem) آلمان استفاده شد. هنگام کار کردن با ترازو باید ترازو را تنظیم کرد سپس عمل توزین را انجام داد. برای این منظور از پیچ‌هایی که در زیر ترازو نصب شده استفاده گردید. برای اندازه‌گیری ابعاد اصلی از یک کولیس دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر ساخت شرکت میتوتیو (Mitutoyo) ژاپن استفاده شد.

برای غوطه‌ور کردن لیمو در آب از یک سوزن استفاده گردید. برای اندازه‌گیری حجم میوه از روش غوطه‌ور ساختن میوه در بشر پر از آب استفاده شد. به طوری که سینی در زیر بشر قرار داشت، تا آب جابه‌جا شده درون سینی بریزد. بشر مورد استفاده در این پروژه از نوع ۲۵۰ میلی‌لیتر بروسیلیکات فرم کوتاه و ساخت شرکت (TGD) آلمان بود و دارای مشخصاتی نظیر دقت بالای درجه‌بندی، شفافیت بالا، مقاومت بالا در برابر شوک حرارتی و مواد شیمیایی بود. استوانه‌ای است پایه‌دار در حجم‌های مختلف که از آن برای جابه‌جا کردن مقدار مشخصی مایع، یا اندازه‌گیری حجم اجسام استفاده می‌شود. آب جابه‌جا شده درون سینی را در استوانه مدرج به قطر ۳۶/۳ میلی‌متر ریخته و ارتفاع سیال (h) بدست می‌آید.

ابتدا نمونه‌ها شماره‌گذاری شده سپس جرم هر کدام با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم تعیین شد. سه قطر عمود بر هم هر میوه به کمک کولیس دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. بزرگترین بعد به عنوان طول در نظر گرفته

² -Excel

¹ - Statistica



تعیین (R^2) از دو شاخص دیگر، به شرح جدول (۲) استفاده گردید. بیشترین مقدار ضریب تعیین و کمترین مقدار P و ریشه میانگین مربعات خطا در ارزیابی مدل‌ها ملاک خواهد بود.

در این تحقیق به منظور مدل‌سازی جرم بر اساس مشخصه‌های هندسی میوه ۱۸ مدل رگرسیون پیشنهاد شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها و تعیین مدل جرمی با استفاده از روش رگرسیون خطی (یک متغیره و یا چند متغیره) با استفاده از نرم افزار آماری استاتستیکا انجام گردید.

جدول ۱: مدل‌های رگرسیون خطی یک متغیره و چندمتغیره پیشنهادی

مدل	شماره مدل
$M = k_0 + k_1 a$	۱
$M = k_0 + k_1 b$	۲
$M = k_0 + k_1 c$	۳
$M = k_0 + k_1 GMD$	۴
$M = k_0 + k_1 a + k_2 b$	۵
$M = k_0 + k_1 a + k_2 c$	۶
$M = k_0 + k_1 b + k_2 c$	۷
$M = k_0 + k_1 a + k_2 b + k_3 c$	۸
$M = k_0 + k_1 PA_1$	۹
$M = k_0 + k_1 PA_2$	۱۰
$M = k_0 + k_1 PA_3$	۱۱
$M = k_0 + k_1 CAE$	۱۲
$M = k_0 + k_1 PA_1 + k_2 PA_2$	۱۳
$M = k_0 + k_1 PA_1 + k_2 PA_3$	۱۴
$M = k_0 + k_1 PA_2 + k_2 PA_3$	۱۵
$M = k_0 + k_1 PA_1 + k_2 PA_2 + k_3 PA_3$	۱۶
$M = k_0 + k_1 V_{ELL}$	۱۷
$M = k_0 + k_1 V_M$	۱۸

جدول ۲: شاخص‌های ارزیابی مدل‌های بکار برده شده در تحقیق

مرجع	رابطه	نام شاخص
San Martin et al, 2001	$P = \frac{100}{N} \sum \left \frac{X_e - X_o}{X_o} \right $	مقدار P (P value)
San Martin et al, 2001	$R_{MSE} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (X_e - X_o)^2}$	ریشه میانگین مربعات خطا (Root mean square error)



طول، عرض، ضخامت، قطر متوسط هندسی، حجم، میانگین سطح تصویر، حجم تقریبی به ترتیب ۲/۹۵ و ۶/۹۰ گرم، ۲۷/۲۰ و ۴۱/۲۷ میلی‌متر، ۲۷/۲۹ و ۳۶/۰۶ میلی‌متر، ۲۵/۸۵ و ۳۵/۸۳ میلی‌متر، ۲۷/۶۷ و ۳۷/۳۲۸ میلی‌متر، ۱۱/۲۴ و ۳۱/۶۲ سانتی‌متر مکعب، ۶/۰۲ و ۱۰/۹۵ سانتی-متر مربع، ۱۱/۰۹ و ۲۷/۲۲ سانتی‌متر مکعب بود. برای مدل‌سازی از اطلاعات ۱۵ نمونه دیگر برای ارزیابی مدل‌ها استفاده گردید که در جدول (۴) نشان داده شده است.

نتایج

مشخصه‌های فیزیکی و هندسی

نتایج مشخصه‌های فیزیکی و هندسی اندازه‌گیری یا محاسبه نمونه لیمو خشک در جدول (۳) درج گردید. نتایج نشان داد میانگین جرم، طول، عرض، ضخامت، قطر متوسط هندسی، حجم، میانگین سطح تصویر، حجم تقریبی ۴/۶۰ گرم، ۳۳/۸۵ میلی‌متر، ۳۶/۰۶ میلی‌متر، ۳۱/۶۲ میلی‌متر، ۳۰/۶۴ میلی‌متر، ۱۹/۲۴ سانتی‌متر مکعب، ۸/۰۸ سانتی‌متر مربع، ۱۷/۳۶ سانتی‌متر مکعب بود. بیشترین و کمترین جرم،

جدول ۳: نتایج مشخصه‌های فیزیکی و هندسی نمونه لیمو خشک

پارامتر	میانگین	مینیمم	ماکزیمم	انحراف معیار	ضریب تغییرات (%)
جرم (گرم)	4.60	2.95	6.90	0.813554	17.69405
طول (میلی‌متر)	34.06	28.77	41.27	2.900401	8.514433
عرض (میلی‌متر)	31.52	27.29	36.06	1.973113	6.259979
ضخامت (میلی‌متر)	30.53	25.85	35.83	2.040213	6.683064
قطر متوسط هندسی (میلی‌متر)	31.99	27.67	37.32	2.089502	6.532004
سطح تصویر اول (سانتی‌متر مربع)	8.46	6.19	11.39	1.151215	13.60261
سطح تصویر دوم (سانتی‌متر مربع)	8.20	6.07	11.32	1.143947	13.95306
سطح تصویر سوم (سانتی‌متر مربع)	7.59	5.74	10.15	0.967825	12.75674
میانگین سطح تصویر (سانتی‌متر مربع)	8.08	6.02	10.95	1.060665	13.12244
حجم (سانتی‌متر مکعب)	19.24	11.24	31.62	3.484583	18.10734
حجم تقریبی (سانتی‌متر مکعب)	17.36	11.09	27.22	3.414359	19.67142

جدول ۴: مشخصه‌های فیزیکی و هندسی برای ارزیابی مدل‌های جرمی

پارامتر	میانگین	مینیمم	ماکزیمم	انحراف معیار	ضریب تغییرات (%)
جرم (گرم)	4.66	3.26	6.39	1.015775	21.77593
طول (میلی‌متر)	34.32	29.92	39.18	2.976867	8.674867
عرض (میلی‌متر)	32.17	28.92	36.46	2.270709	7.059054
ضخامت (میلی‌متر)	30.93	28.25	35.34	2.02385	6.542337
قطر متوسط هندسی (میلی‌متر)	32.43	29.02	36.38	2.222979	6.854727
سطح تصویر اول (سانتی‌متر مربع)	8.71	6.80	11.01	1.275356	14.6485
سطح تصویر دوم (سانتی‌متر مربع)	7.85	6.42	10.11	1.067616	13.60727
سطح تصویر سوم (سانتی‌متر مربع)	8.37	6.64	10.37	1.187341	14.18702
میانگین سطح تصویر (سانتی‌متر مربع)	8.31	6.62	10.40	1.151424	13.8606
حجم (سانتی‌متر مکعب)	19.46	11.94	27.40	4.84384	24.88844
حجم تقریبی (سانتی‌متر مکعب)	18.09	12.80	25.21	3.783825	20.91092



دوم؛ مدل های یک متغیره و چند متغیره جرم بر اساس سطوح تصویر بود که در جدول (۶) نشان داده شده و دسته سوم مدل های یک متغیره جرم بر اساس حجم بوده که در (جدول ۷) درج گردید.

مدل های رگرسیون

روابط حاصل از مدل های رگرسیون خطی یک متغیره و چند متغیره تعیین و نتایج آن در جدول های جداگانه درج گردید. دسته اول؛ مدل های یک متغیره و چند متغیره جرم بر اساس ابعاد میوه بود که در جدول (۵) درج شده است. دسته

جدول ۵: مدل های رگرسیون خطی یک متغیره و چند متغیره بر اساس ابعاد

شماره مدل	مدل			شاخص
	R_{MSE}	P(%)	R	
۱	0.50	8.6	0.78	$M=0.2199a-2.8925$
۲	0.46	7.9	0.82	$M=0.3389b-6.0847$
۳	0.47	8.6	0.82	$M=0.3267c-5.3764$
۴	0.39	6.7	0.88	$M=0.1169a+0.2214b-6.364$
۵	0.39	7.1	0.88	$M=0.1191a+0.2126c-5.951$
۶	0.45	7.9	0.83	$M=0.1835b+0.1598c-6.063$
۷	0.39	6.7	0.88	$M=0.1122a+0.1122b+0.1172c-6.337$
۸	0.38	6.8	0.88	$M=0.3436GMD-6.392$

M, a, b, c و GMD به ترتیب جرم (گرم)، (میلی متر)، عرض (میلی متر)، ضخامت (میلی متر)، قطر متوسط هندسی (میلی متر) بودند.

جدول ۶: مدل های رگرسیون خطی یک متغیره و چند متغیره بر اساس سطح تصویر

شماره مدل	مدل			شاخص
	R_{MSE}	P(%)	R	
۹	0.39	6.8	0.87	$M=0.6174PA_1-0.6274$
۱۰	0.39	6.9	0.88	$M=0.6240 PA_2-0.2929$
۱۱	0.45	8.1	0.84	$M=0.7042 PA_3-0.7445$
۱۲	0.39	6.8	0.88	$M=0.2085 PA_1+0.4168 PA_2-0.5839$
۱۳	0.38	6.6	0.88	$M=0.4316 PA_1+0.2497 PA_3-0.9489$
۱۴	0.38	6.8	0.89	$M=0.4558 PA_2+0.2221 PA_3-0.8244$
۱۵	0.37	6.7	0.89	$M=0.1940 PA_1+0.2648 PA_2+0.2198 PA_3-0.8828$
۱۶	0.38	6.8	0.87	$M=0.6798 CAE-0.897$

M, PA_1, PA_2, PA_3 و CAE به ترتیب جرم (گرم)، سطح تصویر اول (سانتی متر مربع)، سطح تصویر دوم (سانتی متر مربع)، سطح تصویر سوم (سانتی متر مربع)، میانگین سطح تصویر قطر متوسط هندسی (سانتی متر مربع) بودند.

جدول ۷: مدل های رگرسیون خطی بر اساس حجم

شماره مدل	مدل			شاخص
	R_{MSE}	P(%)	R	
۱۷	0.37	6.58	0.89	$M=0.212V_{ELL}+0.919$
۱۸	0.53	9.66	0.76	$M=0.178 V_M +1.182$

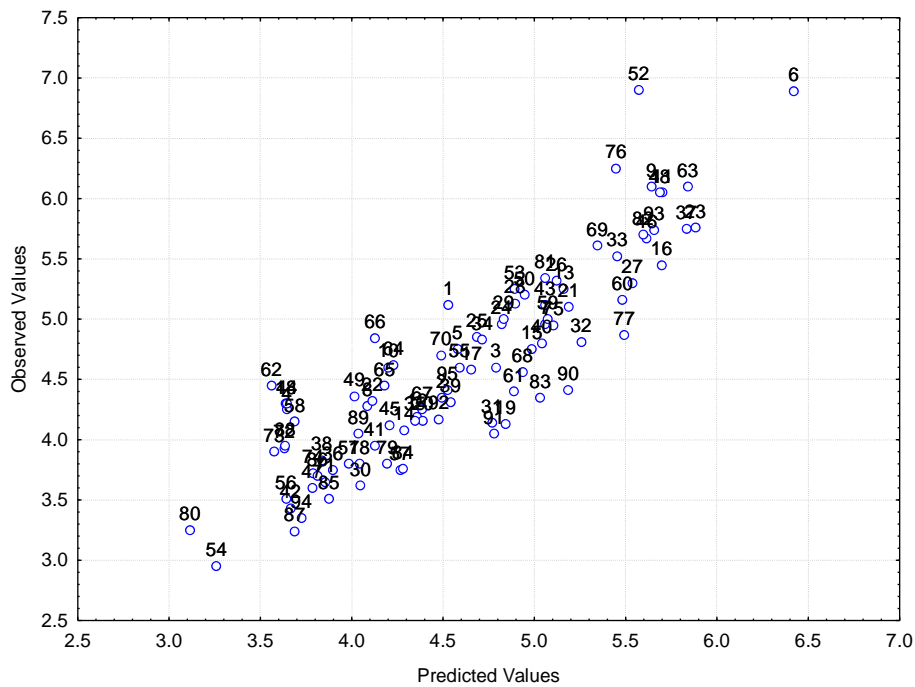
M, V_{ELL} و V_M به ترتیب جرم (گرم)، حجم تقریبی (سانتی متر مکعب) و حجم (سانتی متر مکعب) بودند.



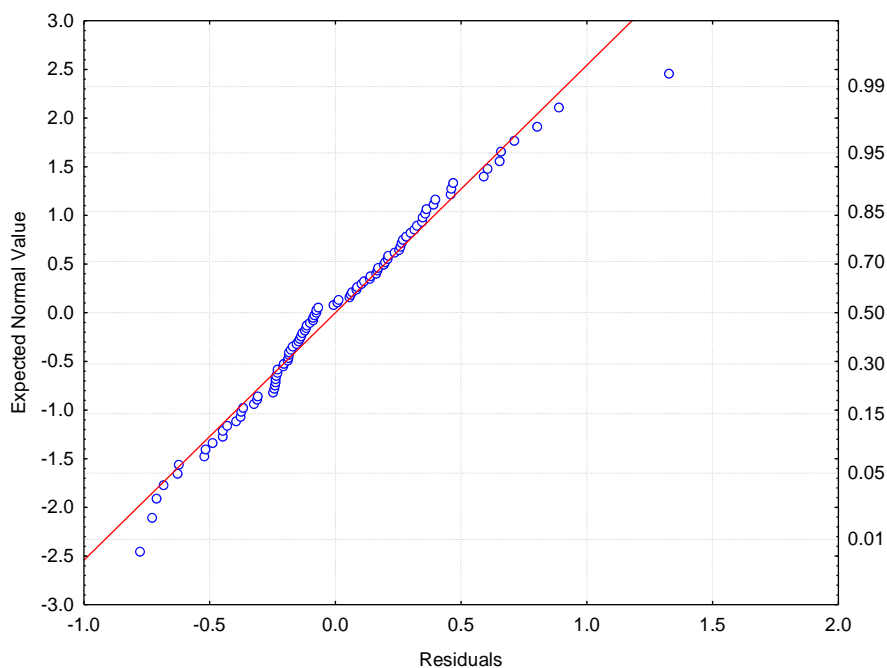
نیز مدل $M = -152.35 + 2.38b + 2.09c$ و مدل $M = 3.90 + 1.03 PA_3 - 32.71 + 5.34 PA_3$ را برای مدلسازی جرم میوه هلو پیشنهاد دادند. شکل‌های (۱) تا (۶) نمودار مقادیر پیش‌بینی شده و مقادیر اندازه‌گیری شده و نمودار توزیع احتمال نرمال اختلاف داده‌ها (اختلاف داده‌های اندازه‌گیری شده و تخمین زده شده) مدل‌های انتخاب شده را نشان می‌دهد.

از بین مدل‌های ابعادی مدل شماره ۷ ($M=0.1122a+0.1122b+0.1172c-6.337$) از مدل سطح تصویر مدل شماره ۱۵ ($M=0.1940 PA_1+0.2648 PA_2+0.2198 PA_3-0.8828$) و از مدل حجم مدل شماره ۱۷ ($M=0.212V_{ELL}+0.919$) بهترین برازش را نشان دادند از این رو می‌توان برای مدلسازی جرم لیمو خشک استفاده نمود. بهترین مدل با بالاترین ضریب تبیین و کوچکترین مقدار P و ریشه میانگین مربعات خطا انتخاب شدند. لطفی (۱۳۹۱)

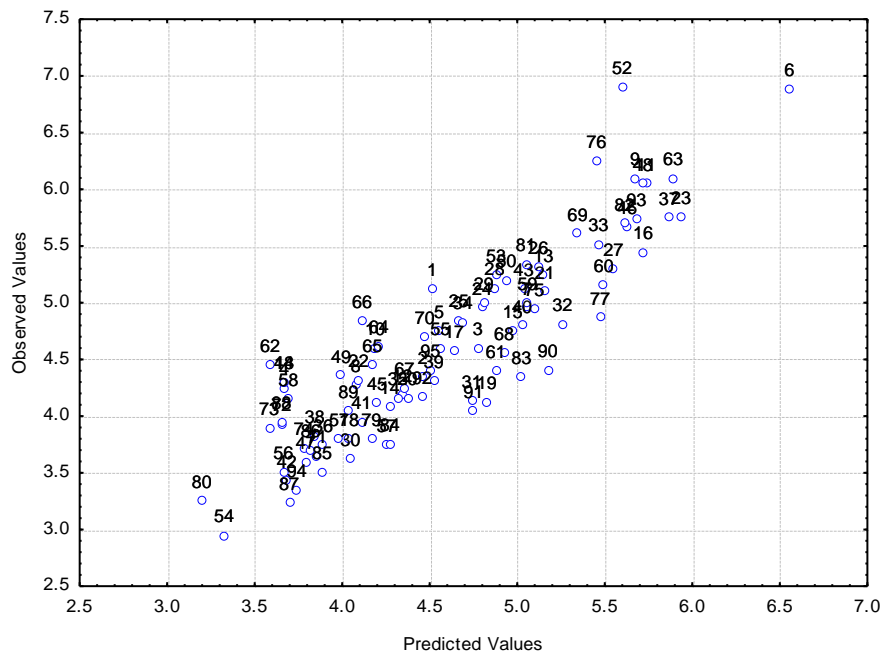
شکل ۱: نمودار مقادیر پیش‌بینی شده و مقادیر اندازه‌گیری شده مدل شماره ۷ ($M=0.1122a+0.1122b+0.1172c-6.337$)



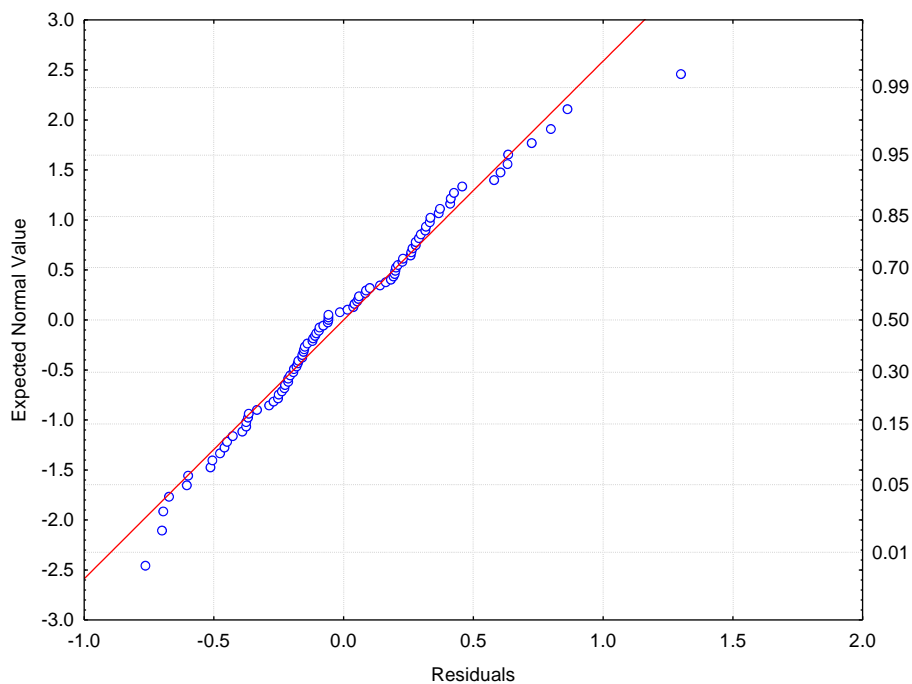
شکل ۲: نمودار توزیع احتمال نرمال اختلاف داده‌ها مدل شماره ۷ ($M=0.1122a+0.1122b+0.1172c-6.337$)

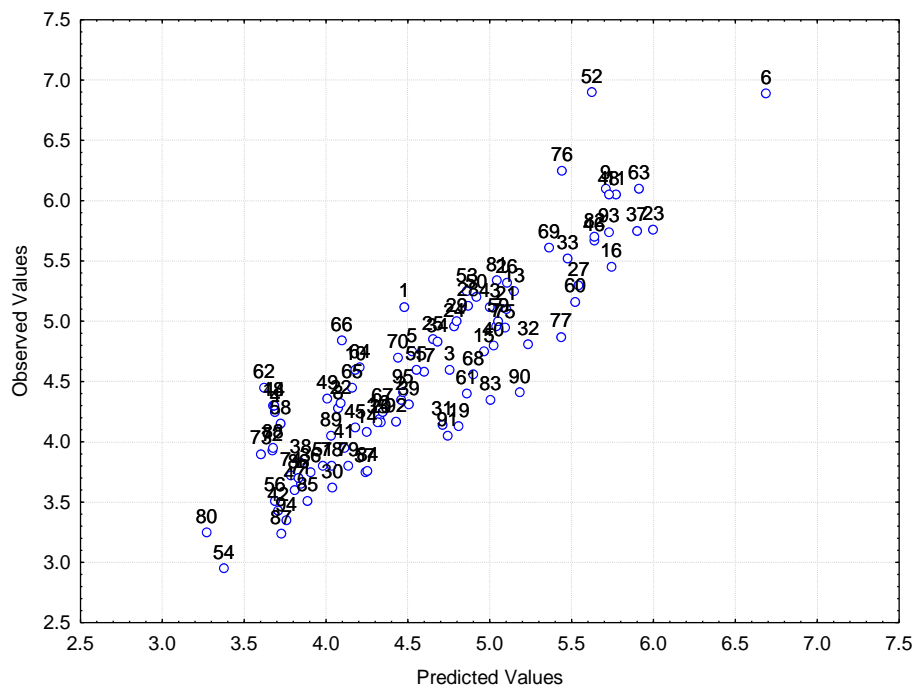
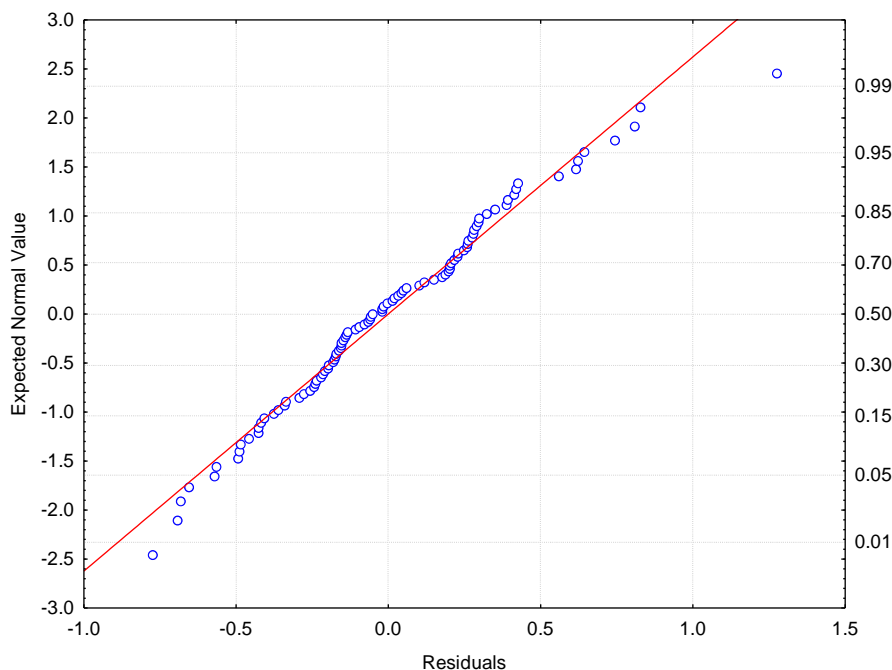


شکل ۳: نمودار مقادیر پیش بینی شده و مقادیر اندازه گیری شده مدل شماره ۱۵ ($M=0.1940 PA_1+0.2648 PA_2+0.2198 PA_3$)
(0.8828)



شکل ۴: نمودار توزیع احتمال نرمال اختلاف داده ها مدل شماره ۱۵ ($M=0.1940 PA_1+0.2648 PA_2+0.2198 PA_3-0.8828$)



شکل ۵: نمودار مقادیر پیش‌بینی شده و مقادیر اندازه‌گیری شده مدل شماره ۱۷ ($M=0.212V_{ELL}+0.919$)شکل ۶: نمودار توزیع احتمال نرمال اختلاف داده‌ها مدل شماره ۱۷ ($M=0.212V_{ELL}+0.919$)

ارزیابی مدل

جدول (۸) جرم‌های اندازه‌گیری شده با مقادیر پیش‌بینی شده از مدل‌های ریاضی منتخب را نشان می‌دهد. مقایسه نتایج تی - تست جفتی بین جرم‌های اندازه‌گیری شده با مقادیر پیش‌بینی شده در جدول (۹) نشان داده شد. نتایج تی - تست جفتی نیز دقت مدل‌ها را تأیید نمود. به عبارت دیگر نشان دهنده این موضوع است که مقادیر پیش‌بینی شده به وسیله مدل‌ها اختلاف معنی‌داری (در سطح احتمال ۵ درصد) نسبت به مقادیر اندازه‌گیری شده توسط ترازو نداشت. شکل‌های (۷) تا (۹) نمودار مقادیر پیش‌بینی شده و مقادیر اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهد.



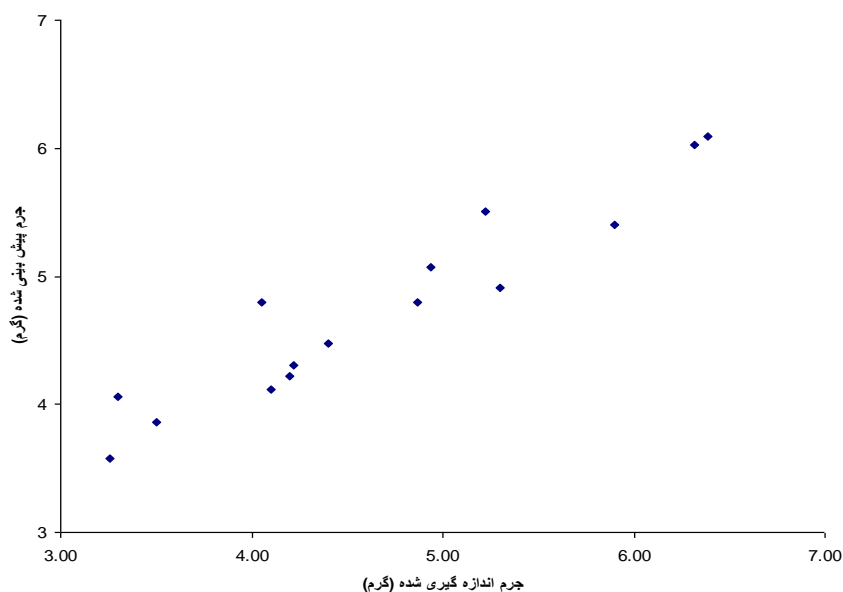
جدول ۸: جرم های اندازه گیری شده با مقادیر پیش بینی شده از مدل های ریاضی منتخب

نمونه	جرم	مقادیر جرم پیش بینی شده از مدل		
		17	15	7
1	4.40	4.43	4.43	4.47
2	3.26	3.63	3.59	3.58
3	4.10	4.10	4.09	4.12
4	6.32	6.18	6.09	6.02
5	5.90	5.43	5.40	5.40
6	3.30	4.05	4.04	4.06
7	4.05	4.77	4.76	4.80
8	4.20	4.20	4.19	4.22
9	4.94	5.01	4.97	5.07
10	3.50	3.88	3.87	3.86
11	5.22	5.50	5.44	5.50
12	4.87	4.75	4.73	4.80
13	6.39	6.26	6.14	6.09
14	5.30	4.87	4.86	4.91
15	4.22	4.27	4.26	4.30

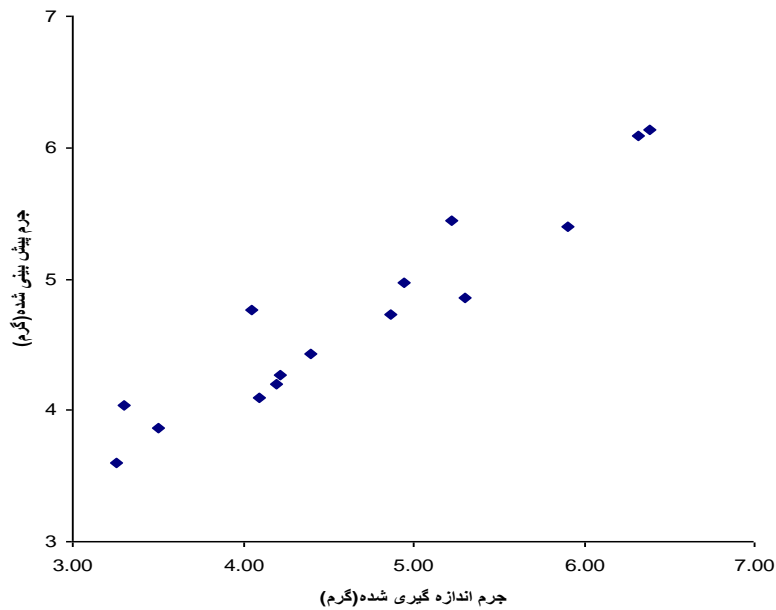
جدول ۹: مقایسه مقادیر اندازه گیری شده و پیش بینی شده با تی - تست جفتی

مدل	میانگین اختلاف بین مقادیر پیش بینی شده و مقادیر اندازه گیری شده	انحراف معیار	p-value	t	نوع اختلاف
۷	-0.083	0.374	0.402	-0.863	عدم اختلاف معنی دار در سطح ۵٪
۱۵	-0.059	0.366	0.541	-0.623	عدم اختلاف معنی دار در سطح ۵٪
۱۷	-0.091	0.356	0.342	-0.984	عدم اختلاف معنی دار در سطح ۵٪

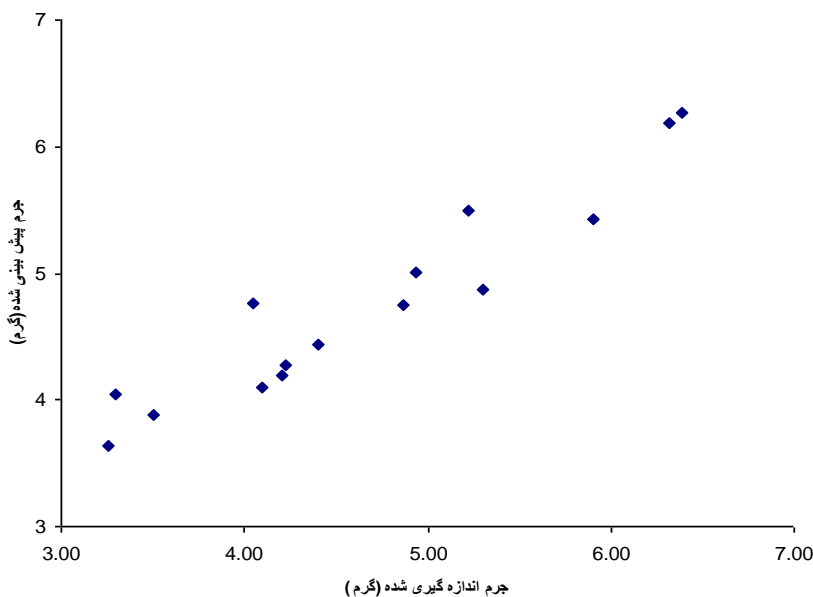
شکل ۷: نمودار مقادیر پیش بینی شده مدل ۷ و مقادیر اندازه گیری شده



شکل ۸: نمودار مقادیر پیش‌بینی شده مدل ۱۵ و مقادیر اندازه‌گیری شده



شکل ۹: نمودار مقادیر پیش‌بینی شده مدل ۱۷ و مقادیر اندازه‌گیری شده



$$M=0.1940 PA_1+0.2648 PA_2+0.2198 PA_3-$$

0.8828) بهترین برازش را نشان داد از این رو می‌توان برای مدلسازی جرم لیمو خشک استفاده نمود. از بین مدل‌های حجمی، مدل شماره ۱۷ ($M=0.212V_{ELL}+0.919$) بهترین برازش را نشان داد از این رو می‌توان برای مدلسازی جرم لیمو خشک استفاده نمود. نتایج تی - تست جفتی نیز دقت مدل‌ها را تأیید نمود.

References

Arnold, P.C and Mohsenin, N.N.1971.propose-d techniques for Axial compression tests on intact

نتیجه‌گیری

میانگین جرم، طول، عرض، ضخامت، قطر متوسط هندسی، حجم، میانگین سطح تصویر، حجم تقریبی $4/60$ گرم، $33/85$ میلی‌متر، $36/06$ میلی‌متر، $31/62$ میلی‌متر، $30/64$ میلی‌متر، $19/24$ سانتیمتر مکعب، $8/08$ سانتیمتر مربع، $17/36$ سانتیمتر مکعب بود. از بین مدل‌های ابعادی مدل شماره ۷ ($M=0.1122a+0.1122b+0.1172c-6.337$)،

بهترین برازش را نشان داد از این رو می‌توان برای مدلسازی جرم لیمو خشک استفاده نمود. از بین مدل‌های سطح تصویر، مدل شماره ۱۵



- Rashidi, M. and M. Gholami, 2011. Modeling of apricot mass based on some geometrical attributes, *World Applied Sciences Journal*, 7: 959-963.
- Rashidi, M. and K. Seyfi, 2008. Modeling of kiwifruit mass based on outer dimensions and projected areas, *American-Eurasian J. Agric. and Environ. Sci.*, 3: 14-17.
- Rashidi, M. and M. Gholami, 2011. Modeling of egg mass based on some geometrical attributes. *World Applied Sciences Journal*, 10: 9-15.
- Rashidi, M. and M. Gholami, 2011. Modeling of nectarine mass based on some geometrical properties. *American-Eurasian J. Agric. and Environ. Sci.*, 10: 621-625.
- Steenkamp, J.-B.E. (1997). Dynamics in consumer behaviour with respect to agricultural and food products. In *Agricultural marketing and consumer behaviour in a changing world*, (pp. 143-188): Springer.
- Tabatabaefar A. and A. Vefagh-Nematolahee, A. Rajabipour, 2000. Modeling of orange mass based on dimensions. *J. Agric. Sci. Tech.*, 2: 299-305.
- Tabatabaefar A., A. Rajabipour, 2005. Modeling the mass of apples by geometrical attributes, *Sci. Horticulture J.*, 105: 373-382.
- Taheri-Garavand, A., Rafiee, S., & Keyhani, A. (2011). Study on some morphological and physical characteristics of tomato used in mass models to characterize best post harvesting options. *Australian Journal of Crop Science*, 5(4).
- agricultural products of convex shape. *trans. Asae*. 14:75-87.
- Food and Agriculture Organization (FAO), 2010., <http://www.fao.org/statistics.htm>
- Gorji chakespari, A., A. Rajabipour and H. Mobli, 2010. Mass modeling of two apple varieties by geometrical attributes, *Australian Journal of Agricultural Engineering*, 1: 112-118.
- Khanali, M., Ghasemi Varnamkhashti, M., Tabatabaefar, A., & Mobli, H. (2007). Mass and volume modelling of tangerine (*Citrus reticulata*) fruit with some physical attributes. *International Agrophysics*, 21(4), 329.
- Khoshnam, F., Tabatabaefar, A., Varnamkhashti, M. G., & Borghei, A. (2007). Mass modeling of pomegranate (*Punicagranatum*) fruit with some physical characteristics. *Scientia Horticulturae*, 114(1), 21-26.
- Mirzaee, E., Rafiee, S., Keyhani, A., Djom-eh, Z. E., & Kheiralipour, K. (2008). Mass modeling of two varieties of apricot (*Prunus armeniaca* L.) with some physical characteristics. *Plant Omics*, 1(1), 37-43.
- Mohsenin, N. N. (1978). *Physical properties of plant and animal materials*. Gordon and Breach Sci. Publ., New York.
- Naderi boldaji, M., A. Jannatizadeh, A. Tabatabaefar and R. Fatahi, 2011. Development of 11 mass models for Iranian apricot fruits based on some physical attributes (cv. Shahroud-8 and Gheysi-2), *Journal of Agricultural Technology*, 6: 65-76.
- Rashidi, M. and M. Gholami, 2008. Classification of fruit shape in kiwifruit using the analysis of geometrical attributes. *American-Eurasian J. Agric. and Environ. Sci.*, 3: 258-263.



Determination of Some Physical Properties of dried lime and Modeling of Mass Based on Some Geometrical Attributes

Kambiz Kasiri*

M.Sc., Department of biosystems Engineering, Islamic Azad University, Takestan Branch, Takestan, Iran
Corresponding author: gholamihasan@yahoo.com

Received: 17 May 2022

Accept: 15 Jun 2022

Abstract

Physical characteristics are an important factor in modeling fruit mass. Which leads to better design of grading and packaging machines. In this study, some geometric characteristics of dried lemons were determined and mass modeling was performed based on geometric characteristics. The results showed: average mass, length, width, thickness, geometric mean diameter, volume, average image area, approximate volume 4.60 g, 33.85 mm, 36.06 mm, 31.62 mm, 30.64 mm, 19.24 cm³, 8.08 cm², 17.36 cm³. Among the dimensional models, model $M = 0.1122a + 0.1122b + 0.1172c - 6.337$, from the image surface model, model $M = 0.1940 PA_1 + 0.2648 PA_2 + 0.2198 PA_3 - 0.8828$ and from the volume model, model $M = 0.212V_{ELL} + 0.919$ Showed the best fit (in this relationship M, a, b, c, PA₁, PA₂, PA₃ and V_{ELL} were mass, length, width, thickness, first image level, second image level, third image level, estimated volume, respectively). The results of paired t-test also confirmed the accuracy of the models.

Keywords: Dried Sour Lemon, Mass, Modeling, Mass Modeling, Geometric Characteristics