طراحی جعبه استاندارد جهت کاهش ضایعات میوه انجیر در حین حمل و نقل و انبارداری(۶۲۸)

سعید مینایی[۱] ، عیسی حزباوی[۲] ، برات قبادیان[۱] ، شهلا کاظمی[۳]

چکیده

برای جلوگیری از آسیب پذیری انواع میوه‌ها، ارتفاع سقوط و فشار استاتیکی مجاز اهمیت زیادی دارند. ارتفاع سقوط مجـاز در برنامه ریزی عملیات برداشت و جابجایی و فشار استاتیکی مجاز در انتخاب ارتفاع جعبه حمل و نقل و انبارداری مهم هستند. میوه‌ها در جعبه منتقل می‌شوند و تحت تاثیر نیروهای استاتیکی و دینامیکی ق ار می‌گیرند و اگر مقدار این نیروها از حد معینی تجاوز کنـد، سبب ایجاد آسیب در آنها می‌شود. نیروهای استاتیکی در اثر وزن آنها و نیروهای دینامیکی در اثر ارتعاشات حاصل از حمل و نقل به وجود می‌آید. نیروی استاتیکی مجاز در هر میوه به طور تجربی تعیین می‌شود. در این تحقیق به طراحی جعبـه بـا انـدازه اسـتاندارد برای نگهداری میوه انجیر بر اساس بارهای استاتیکی و تئوری راس و ایساک (۱۹۶۱) پرداخته شده اسـت. عمـق متوسـط مناسـب حدود ۵۰ سانتی متر برای ذخیره و نگهداری میوه نجیر به دست آمد.

کلیدواژه: میوه انجیر، بارهای استاتیکی، عمق مناسب جعبه

۱- دانشیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، پست الکترونیک: sminaee@gmail.com
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک شین‌های کشاورزی، تهران، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده کشاورزی
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم باغبانی، تهران، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده کشاورزی

۱- مقدمه

کاهش تلفات حاصل از آسیب‌های مکانیکی و حفظ کیفیت محصولات در صورتی ممکن است که قوانین مربوط به بارها و ویژگی‌های محصولات در نظر گرفته شود. یکی از مشخصات مهم محصولات کشاورزی حساسیت در مقابل آسیب و خسارت است که به مقاومت و ویژگی‌های بیولوژیکی آنها بستگی دارد. خسارت در محصولات، اغلب هنگام برداشت، جابجایی، طبقه بندی و حمل و نقل آنها ایجاد می‌شود، همچنین بافت آنها تحت تاثیر نیروهای پی‌درپی، نرمتر می‌شود و مقاومت خود را از دست می‌دهند. مکانیزاسیون برداشت محصولات کشاورزی و کارهای بعدی، نتایج نامناسبی دارند که منتهی به افزایش آسیب در فرآیند محصولات می‌شود. در نتیجه، کیفیت محصول مستقیما پایین می‌آید و در بعضی موارد فاسد شدن سریع محصولات بدنبال آسیب های مکانیکی بوجود خواهد آمد و بدین ترتیب مواد کاملا از بین خواهند رفت. محصولات فاسد شده در مدت زمان طولانی نگهداری در انبار، مواد سالمی را که با آنها در تماس هستند به خطر خواهند انداخت. بنابراین تلاش در جهت کاهش آسیب‌های مکانیکی دارای اهمیت اقتصادی زیادی است. نتایج حاصل از آزمایشات نشان می‌دهد که میوه هلو نیروی استاتیک در حدود N ۱۵ را بدون آسیب دیدگی تحمل می ند. این وزن مربوط به ستونی از میوه به ارتفاع ۷۰ سانتیمتر می‌شود [۱].

هرقدر جعبه میوه کم عمق‌تر باشد نسبت حجم لایه‌های بالای میوه کمتر می‌شود. بنابراین می‌توان با کاهش عمق جعبه میوه تا یک حد معین، نسبت میوه‌های آسیب دیده را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش داد. طبق تحقیقات انجام شده، عمق بهینه جعبه تقریبا برابر ۶۰ سانتیمتر است، در جعبه‌های عمیق‌تر آسیب به علت فشار زیاد در لایه پایینی پدیدار می‌شود. با طراحی ویژه سامانه تعلیق در وسیله حمل‌ونقل (با فنر هوایی) می‌توان میزان آسیب ناشی حمل‌ونقل را کاهش داد [۱]. روشهای ممکن کاهش آسیب های مکانیکی را می‌توان به سه دسته اصلی تقسیم کرد [۱]: اول طراحی اجزای ماشین برای هر عملیاتی باید بگونه‌ای صورت گیرد که نیروهای وارد بر مواد به حداقل ممکن برسد. دوم اصلاح گونه‌هایی از محصولات که بتوانند نیروهای بزرگتری را بدون بروز آسیب مکانیکی تحمل نمایند. سوم برداشت و عملیات پس از برداشت زمانی انجام شود که مقاومت مکانیکی محصول به اندازه کافی باشد تا بیشترین مقاومت را در برابر نیروهای وارده نشان دهد.

فهرست علائم

طول (mm)	a	حجم توده (cm^3)	V_b
عرض (mm)	b	چگالی توده (kg/m^3)	P_b
ارتفاع (mm)	c	تعداد لایه‌های توده میوه	n
قطر میانگین هندسی (mm)	D_g	تعداد ذرات در واحد حجم	**N**
زاویه خط تماس ذرات با افق (deg)	Θ	نیروی شکست (N)	F
میزان رطوبت (w.b.%)	M_C	وزن نمونه (N)	W
جرم نمونه (g)	m_t	ارتفاع مناسب جعبه (cm)	h
جرم توده (g)	m_b		

نیروهای درون توده ایجاد شده ما بین میوه‌ها در دوره نگهداری و ذخیره می‌تواند باعث له شدن میوه‌ها در نقطه تماس با یکدیگر شود. در نتیجه به علت آسیب پذیری شدید میوه باید آن را در جعبه‌های کم عمق بسته‌بندی نمود. لذا هدف این تحقیق تعیین عمق مناسب جعبه برای حمل و نقل و انبارداری میوه انجیر می‌باشد.

انجیر (fig) با نام علمی Ficus carica linnaeus از خانواده Moraceae بومی آسیای غربی و کشورهای مدیترانه است و از آنجا به عربستان ، سوریه و فلسطین برده شده است. انجیر درختی است با برگ های زرد و پنجه ای و به رنگ سبز خاکستری که بلندی آن تا شش متر می رسد و به دلیل عدم مقاومت در مقابل سرمای شدید، در مناطق معتدله و گرمسیر کشت می شود. درخت انجیر معمولا از سال چهارم شروع به میوه دادن می کند و تا سن بیست سالگی میوه می دهد. انجیر، قند زیادی دارد بطوریکه ۵۰ درصد انجیر خشک را قند تشکیل می دهد. این میوه منبع خوبی از پتاسیم ، منیزیم ، کلسیم ، فسفر و ویتامین های A , B , C است .انجیر منبع غنی فیبر غذایی می باشد. انجیر دارای ویتامین های فراوان ,مواد معدنی وچربی مفید ومواد قندی است[۲].

۲- مواد و روشها

الف- تئوری

برای جلوگیری از آسیب پذیری انواع میوه‌ها، ارتفاع سقوط مجاز و فشار استاتیک مجاز اهمیت زیادی دارند. مقاومت میوه‌های خیلی رسیده (هلو، زردآلو، گلابی) به حدی کاهش می‌یابد که اجرای عملیات پس از برداشت بدون تغییر شکل امکان پذیر نیست. میوه‌ها در جعبه منتقل می‌شوند و تحت تاثیر نیروهای استاتیکی و دینامیکی قرار می‌گ ند و اگر مقدار این نیروها از حد معینی تجاوز کند، سبب ایجاد آسیب در آنها می‌شود. نیروهای استاتیکی در اثر وزن ها و نیروهای دینامیکی در اثر ارتعاشات حاصل از حمل و نقل بوجود می‌آید. نیروی استاتیکی مجاز در هر میوه به طور تجربی تعیین می‌شود. در جعبه‌های نگهداری میوه تنها یک بخش از میوه در تماس با دیگر میوه‌ها یا دیواره‌های جعبه است. اگر نیروها در نقطه تماس و نیز سطح تماس را اندازه گیری نماییم، می‌توان حداکثر تنش در سطح تماس را با استفاده از تئوری تنش تماسی تخمین زد. این تئوری که توسط راس و ایساک در سال ۱۹۶۱ ارائه شده است بر چندین اصل زیر استوار می باشد [۷].

- ذرات به صورت کره‌های با قطر یکنواخت D_g فرض شوند.
- تماس، الاستیک فرض گردد که در نتیجه باید:۱- ذرات تغییر شکل ندهند که در نتیجه آن فاصله میان ذرات تغییر نمی‌کند.۲- نیروهای داخلی ما بین ذرات در تماس با یکدیگر یا با دیواره‌های جعبه اعمال گردند.
- فرض شده است که ذرات نسبت به هم آرایش موازی گونه دارند (شکل ۱).

تماس ذرات با هم بر روی یک خط در نظر گرفته شده است که با افق زاویه θ می‌سازد. در این مدل زاویه θ به پارامترهای تعداد ذرات در واحد حجم (N) و قطر ذرات (D_g) بستگی دارد. رابطه بین این سه پارامتر، به صورت رابطه ۱ می‌باشد [۷].

$$N = \frac{1}{4D_g^{\,3}\cos^2\theta\sin\theta} \qquad (۱)$$

تعداد ذرات در واحد حجم از نسبت چگالی توده بر جرم هر ذره ضربدر حجم واحد آن به دست می‌آید.

جعبه‌ای را که در آن n ردیف میوه قرار گرفته است در نظر بگیریم (شکل ۲). نیمه بالای هر میوه در تماس با چهار میوه لایه بالایی می‌باشد و نیمه پایینی در تماس با چهار میوه در لایه پایینی خود است. پس بر نیمه بالای ردیف اول هیچ گونه نیرویی وارد نمی‌شود. بنابراین هیچگونه عکس العملی بر روی نیمه پایینی نیست و تنها نیروهای وارده بر این نیمه وزن میوه‌ها خواهد بود. از سوی دیگر میوه‌ها در لایه nام در سمت بالای خود در تماس با میوه‌های لایه بالاتر خود بوده و از طرفین با کف و دیواره جعبه در تماس هستند. در نتیجه کل نیروی وارده از طرف لایه‌های بالایی بر این لایه طبق رابطه ۲ محاسبه می‌شود [۷].

$$F = n \cdot w \qquad (۲)$$

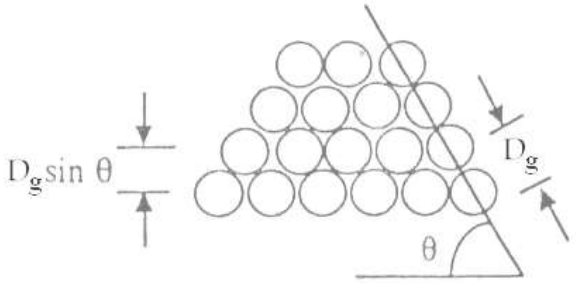
که در آن F کل نیروی وارده بر میوه در لایه آخر و w وزن متوسط میوه می‌باشد.

برای طراحی جعبه مناسب بدین گونه عمل می‌کنیم:

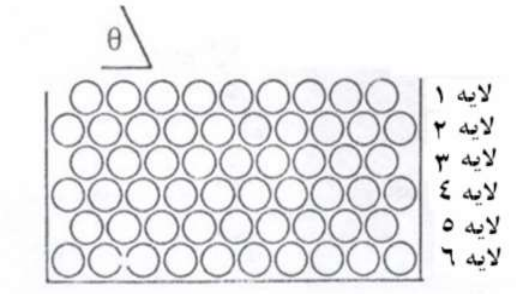
از آنجا که بیشترین نیروی استاتیک بر میوه‌های لایه آخر وارد می‌شود، لذا بر اساس این میزان نیرو به طراحی ابعاد جعبه استاندارد برای ذخیره و نگهداری آن می‌پردازیم. مقدار نیروی وارده بر میوه برابر با حداقل نیروی شکست میوه در نظر گرفته شد. اندازه این نیرو از طریق بارگذاری میوه توسط دستگاه آزمون مواد (H50 K-S, Hounsfield, U.K) در آزمایشات مکانیکی میوه تعیین می‌شود. مقدار زاویه قرار گیری میوه‌ها (رابطه۱) و نیروی شکست را در رابطه ۲ قرار داده، مقدار n را برای محاسبه عمق جعبه برمی‌گزینیم. عمق جعبه (h) از رابطه ۳ محاسبه می‌گردد [۷]:

$$h = nD_g \sin\theta \qquad (۳)$$

که h عمق جعبه (سانتیمتر)، D_g قطر میانگین هندسی (سانتیمتر) و n تعداد لایه‌های میوه درون جعبه، θ زاویه قرار گیری میوه ها نسبت به یکدیگر درون جعبه می‌باشد.



]۶[شکل۱: آرایش موازی گونه ذرات نسبت به هم



]۶[شکل ۲- لایه‌های توده میوه در درون جعبه

ب- آزمایش‌ها

میوه انجیر در این تحقیق سال ۱۳۸۶ از شهرستان تهران تهیه شد. حدود ۵۰ کیلوگرم میوه انجیر به طور تصادفی انتخاب گردیده و سپس با دست به دقت تمییز شدند و مواد خارجی و میوه‌های آسیب دیده از نمونه‌ها جدا گردید. رطوبت اولیهٔ میوه (M_C) با استفاده از اجاق آزمایشگاهی و به روش استاندارد در دمای ۷۵ درجه سلسیوس تا ز انی که میوه رطوبت خود را کاملا از دست بدهد تعیین شد [۳]. برای تعیین رطوبت اولیه میوه از ۲۰ عدد میوه استفاده شد. مقدار رطوبت اولیه تعیین شده برابر با ۸۱/۹ درصد بر پایه خشک بدست آمد.

پارامترهای مورد نیاز مربوط به میوه برای محاسبات شامل قطر میانگین هندسی، جرم نمونه، چگالی توده و سختی (نیروی شکست) میوه می‌باشد.

اندازه گیری سه بعد عمودی اصلی میوه انجیر، طول(a، mm) ، عرض (b، mm) و ضخامت (c، mm) به کمک کولیس دیجیتال[1] با دقت اندازه‌گیری 0.01 میلیمتر انجام شد. میانگین هندسی قطر (D_g، mm) میوه با استفاده از روابط زیر محاسبه شد [۵].

$$D_g = (abc)^{1/3} \qquad (۴)$$

جرم نمونه‌ها (m_t) بوسیله ترازوی دیجیتال[2] با دقت اندازه‌گیری 0.01 گرم اندازه‌گیری شد.

1. Mitutoyo ساخت کشور ژاپن
2. AND GF-600 ساخت کشور ژاپن

برای اندازه گیری چگالی توده (P_b)، یک استوانه خالی با حجم مشخص پر از میوه جیر گردیده و از تقسیم جرم توده میوه بر حجم توده (رابطه ۶)، میزان چگالی توده به دست آمد [۵].

$$\rho_b = \frac{m_b}{V_b} \qquad (۵)$$

در این رابطه، m_b برحسب g، جرم توده و V_b بر حسب ml، حجم توده (حجم استوانه) می‌باشد.
میزان سختی میوه توسط ماشین آزمون مواد در سرعت بار گذاری ۰/۱ میلی متر بر دقیقه اندازه‌گیری شد [۶].

۳- نتایج و بحث

مقادیر به دست آمده برای میوه انجیر در جدول ۱ آورده شده اند. همانطور که مشاهده می‌شود سختی میوه انجیر برابر با ۹/۷۲ N بدست آمد. این مقدار بار را مبنای طراحی در نظر گرفته و بر این اساس عمق مناسب جعبه را محاسبه می نماییم. طول، عرض، ارتفاع، قطر میانگین هندسی، چگالی توده و جرم نمونه میوه انجیر بترتیب برابر با ۳۹/۶۶ mm، ۳۷/۰۷ mm، ۳۱ mm، ۳۵/۶۸ mm، ۴۲۴/۶ kg/m^3 و ۲۲/۳۹۸ g بدست آمد. این مقادیر از مقادیری که برای میوه خرما و زردآلوی رقم Zerdali گزارش شده بیشتر است. طول، عرض، ارتفاع، قطر میانگین هندسی و جرم نمونه برای میوه خرما به ترتیب برابر با ۳۰/۲۵ mm، ۱۹/۹۴ mm، ۱۵/۶۶ mm، ۲۱/۱۴ mm و ۷/۶۶ g و برای زردآلو ۲۹/۲۶ mm، ۳۰/۱۶ mm، ۲۷/۶۴ mm، ۲۸/۹۹ mm، ۱۴/۳۵ g گزارش شده است [۶ و ۴].
همچنین طول

جدول ۱- برخی ویژگی‌های اندازه‌گیری شده برای میوه انجیر

طول (mm)	۳۹/۶۶
عرض (mm)	۳۷/۰۷
ضخامت (mm)	۳۱
جرم نمونه (g)	۲۲/۳۹۸
قطر میانگین هندسی (mm)	۳۵/۶۸
چگالی توده (kg/m^3)	۴۲۴/۶
درصد رطوبت (d.b)	۸۱/۹
میانگین سختی میوه(N)	۹/۷۲

با در دست داشتن جرم نمونه و محاسبه چگالی توده از ظریق رابطه ۵ ابتدا تعداد ذرات در واحد خجم را محاسبه کرده مقدار بدست آمده را در رابطه ۱ قرار داده مقدار زاویه قرارگیری میوه‌ها (θ) محاسبه می‌شود. با بکارگیری رابطه ۲ تعداد لایه‌ها (n) محاسبه می‌شود. از طریق رابطه ۴ قطر میانگین هندسی (D_g) را محاسبه کرده و در نتیجه با در دست داشتن θ، n و D_g از طرق رابطه ۳ عمق مناسب برای نگهداری میوه انجیر محاسبه شد که نتایج را در جدول ۲ مشاهده می‌کنید.

جدول ۲- پارامترهای محاسبه شده در جهت محاسبه عمق جعبه

N	۱۸۹۵۷
θ (deg)	۱۸/۹۴
W (N)	۰/۲۱۹۷
F (N)	۹/۷۵
n	۴۴/۴۲
h (cm)	۵۰/۹

با توجه به نتایج به دست آمده عمق مناسب جعبه برای ذخیره و انبار کردن میوه انجیر تقریبا ۵۰ سانتی متر می‌باشد. این مقدار از مقداری که برای میوه هلو (۷۰cm) گزارش شده کمتر است چون نیروی شکست میوه انجیر (۹/۷۲ N) کمتر از نیروی شکست میوه هلو (۱۵ N) می‌باشد [۱].

۴- نتیجه گیری

با توجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق می‌توان موارد زیر را نتیجه‌گیری کرد

۱- طول، عرض، ارتفاع، قطر میانگین هندسی، چگالی توده و جرم نمونه میوه انجیر به ترتیب برابر با ۳۹/۶۶ mm، ۳۷/۰۷ mm، ۳۱ mm، ۳۵/۶۸ mm، ۴۲۴/۶ kg/m^3 و ۲۲/۳۹۸ g می‌باشد.

۲- نیروی شکست میوه انجیر برابر با ۹/۷۲ N می‌باشد که برابر با تقریبا ۴۴ لایه میوه است. درنتیجه توصیه می‌شود برای حمل و نقل و انبار داری میوه انجیر از جعبه های با ارتفاع حداکثر حدود ۵۰ سانتیمتر استفاده شود تا میوه انجیر در اثر نیروی وزن توده در حین حمل ونقل و انبار داری شکسته نشود.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله از همکاری آقای دکتر خوش تقاضا مدیر گروه و مهندس رضایی‌کیا کارشناس گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهران و همچنین از دانشگاه تربیت مدرس بخاطر کمک مالی و در اختیار گذاشتن وسایل و آزمایشگاه نهایت تشکر و سپاس‌گزاری را دارند.

منابع:

۱- توکلی هشجین، ت. (۱۳۸۳). مکانیک محصولات کشاورزی (تالیف سیتکی، ج). انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. ۵۳۰ ص.

2- Anonymous. (2007). Fig. http:// www.iranmania.com/ nutrition/ foodstuff /features/ anjir.asp.

3-AOAC. (2002). Official Methods of Analysis, 17th Ed. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, Maryland.

4- Haciseferogullari, H., Gezer, I., Ozcan. M. M. 2007. Post harvest chemical and physical–mechanical properties of some apricot varieties cultivated in Turkey Bayram MuratAsma. Journal of Food Engineering 79 (2007) 364–373.

5- Mohsenin, N. N. (1978). Physical properties of plant and animal materials. Gordon and Breach publishers N.Y.

6- Owolarafe, O. K., Olabige, M. T., Faborode, M.O. (2006). Physical and mechanical properties of two varieties of fresh oil palm fruit. Journal of Food Engineering 78 (2007) 1228–1232.

7- Stroshine, R., Hamann, D. (1994). Physical properties of agricultural materials and food products. West Lafayette: Dept of Agricultural Engineering Purdue University, USA.