مدیریت حمل و نقل و انبارداری میوه توت‌فرنگی

عیسی حزباوی[۱]، محمد هادی خوش تقاضا[۲]، شهلا کاظمی[۳]

۱- دانشجوی دکتری مکانیک ماشین‌های کشاورزی و عضو باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد واحد شهر ری
۲- دانشیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی
۳- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد باغبانی و عضو باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد واحد شهر ری
۲،۱و۳- تهران، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده کشاورزی

چکیده

برای جلوگیری از آسیب پذیری انواع میوه‌ها، ارتفاع سقوط و فشار استاتیک مجاز اهمیت زیادی دارند. ارتفاع سقوط مجاز در برنامه ریزی عملیات برداشت و جابجایی و بار استاتیک مجاز در انتخاب ارتفاع جعبه حمل و نقل و انبارداری مهم می‌باشد. میوه‌ها در جعبه منتقل می‌شوند و تحت تاثیر نیروهای استاتیک و دینامیک قرار می‌گیرند و چنانچه مقدار این نیروها از حد معینی تجاوز کند، سبب ایجاد آسیب در آنها می‌شود. بارهای استاتیک در اثر وزن میوه‌ها و نیروهای دینامیک در اثر ارتعاشات حاصل از حمل و نقل بوجود می‌آید. بار استاتیک مجاز برای هر میوه به طور تجربی تعیین می‌شود. در این تحقیق پس از تعیین برخی ویژگی‌های مهندسی میوه توت فرنگی، به طراحی جعبه با اندازه استاندارد برای نگهداری میوه بر اساس بارهای استاتیک و تئوری راس و ایساک پرداخته شده است. عمق متوسط مناسب حدود ٤٨ سانتی‌متر بر اساس نیروی شکست ۵/٦۵ N برای ذخیره و نگهداری توت‌فرنگی به دست آمد.

واژگان کلیدی: توت‌فرنگی، بارهای استاتیک و دینامیکی، عمق مناسب جعبه

مقدمه

توت فرنگی با نام علمی *Fragaria ananassa* Duch. متعلق به تیره گل سرخ یکی از گیاهان دو لپه می‌باشد. گیاهانی علفی ، چند ساله ، پوشیده از مو ، استولون‌دار. برگها سه قسمتی ، گل آذین دیهیمی ، دارای ۲ تا ۱۰ گل. گلها دارای گریبانه ، ۵ قسمتی ، کاسبرگ فرعی وجود دارد. پرچمها ۱۰ تا ۳۰ عدد و برچه‌ها ۱۰ تا ۸۰ میوه کافشه‌ای ، متشکل از تعداد زیادی برچه که روی یک نهنج گوشتی مخروطی قرار گرفته‌اند (Anonymous, 2010).

در قرن چهاردهم در فرانسه توت فرنگی‌های وحشی از جنگل به زمین زراعتی منتقل شد و از آن به عنوان یک گیاه اهلی استفاده گردید. در جنگل‌های شمال ایران توت فرنگی وحشی بطور فراوان یافت می‌شود. به‌نظر می‌رسد که اولین رقم اصلاح‌شده در زمان صدارت اتابک اعظم از فرانسه به ایران آمد و به نام اتابکی خوانده شد (Anonymous, 2010).

اوّلین گام درجهت تدوین استانداردهای کیفی برای محصولات کشاورزی و باغی و همچنین بهبود خطوط مختلف فرآوری این محصولات، دانستن ویژگی‌های متنوع این محصولات و تغییرات آنها دراثر عوامل گوناگون است. محصولات کشاورزی معمولا از زمان برداشت تا زمان مصرف تحت تاثیر عوامل و فرآیندهای مختلفی قرار می‌گیرند. این فرآیندها می‌توانند فرآیندهای ساده‌ای مانند تمیزکردن، جداکردن، شستشو، جابجایی و توزین باشند و یا اینکه فرآیندهای تکمیلی یا تبدیلی باشند که به نوعی ویژگی‌های محصول را تحت تاثیر قرار می‌دهند. بنابراین شناخت ویژگی‌های مختلف فیزیکی،مکانیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آنها و نحوه حفظ و یا تغییر آنها در جهت اهداف مورد نظر فرآیند می‌تواند در حفظ کمی و کیفی محصول تأثیر بسزایی داشته باشد (مسعودی،۱۳۸۳).

قوانین و ویژگی‌های مربوط به محصولات در صورتی که در نظر گرفته نشود، کاهش تلفات حاصل از خسارت مکانیزاسیون و حفظ کیفیت محصولات ممکن نخواهد شد. حساسیت در مقابل آسیب و خسارت یکی از مشخصات مهم محصولات کشاورزی است که به مقاومت و ویژگی‌های بیولوژیکی آنها بستگی دارد. خسارت در محصولات، اغلب هنگام برداشت، جابجایی، طبقه‌بندی و حمل و نقل آنها ایجاد می‌شود، همچنین بافت آنها تحت تاثیر نیروهای پی‌درپی، ضعیف‌تر و نرمتر می‌شود و مقاومت خود را از دست می‌دهند. مکانیزاسیون برداشت محصولات کشاورزی و فرایندهای پس از آن، نتایج نامناسبی دارند که منتهی به افزایش آسیب در فرآیند محصولات می‌شود. در نتیجه، کیفیت محصول مستقیما پایین می‌آید و در بعضی موارد آسیب های مکانیکی باعث فاسد شدن سریع محصولات خواهد شد 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 اقداماتی که در مورد کاهش آسیب‌های مکانیکی انجام می‌شود دارای اهمیت اقتصادی زیادی است. نتایج حاصله از آزمایشات نشان می‌دهد که میوه هلو نیروی استاتیکی در حدود ۱۵ N را بدون آسیب دیدگی تحمل می‌کند. این وزن مربوط به ستونی از میوه به ارتفاع ۷۰ سانتیمتر می‌شود (توکلی هشجین، ۱۳۸۳).

طبق تحقیقات انجام شده، عمق بهینه جعبه ۶۰ سانتیمتر است ارتفاع جعبه هرقدر بیشتر باشد حجم لایه‌های بالایی بیشتر می‌شود. بنابراین می‌توان با کاهش عمق جعبه میوه تا یک حد معین نسبت میوه‌های آسیب دیده را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش داد، در جعبه‌های عمیق‌تر آسیب به علت فشار زیاد در لایه پایینی بوجود می‌آید. با طراحی مناسب در وسایل می‌توان میزان آسیب بوجود آمده بوسیله حمل ونقل را کاهش داد. روشهای کاهش آسیب‌های مکانیکی را می‌توان به سه دسته اصلی تقسیم کرد: ۱- طراحی اجزای ماشین برای هر کاری باید طوری صورت گیرد که نیروهای وارد بر مواد به حداقل ممکن برسد. ۲- اصلاح گونه‌هایی از محصولات که بتوانند نیروهای بزرگتری را بدون داشتن آسیب مکانیکی زیادی تحمل نمایند. ۳- برداشت و عملیات پس از برداشت زمانی انجام گیرد که مقاومت مکانیکی محصول به اندازه کافی باشد تا کمترین حساسیت را در برابر آسیب داشته باشد (توکلی هشجین، ۱۳۸۳).

نیروهای داخلی ایجاد شده ما بین محصولات در دوره نگهداری و ذخیره می‌تواند باعث له شدن محصول در نقطه تماس با هم شود. در نتبجه به علت آسیب پذیری شدید میوه باید آن را در جعبه‌های کم عمق بسته‌بندی نمود. لذا هدف این تحقیق تعیین عمق مناسب جهت حمل و نقل و انبارداری میوه توت‌فرنگی می‌باشد.

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		

مواد و روشها

ارتفاع سقوط مجاز و فشار استاتیکی مجاز برای جلوگیری از آسیب پذیری انواع میوه‌ها، اهمیت زیادی دارند. که اولی در برنامه ریزی عملیات برداشت و جابجایی و دومی در انتخاب ارتفاع جعبه حمل و نقل مهم هستند. مقاومت میوه‌های خیلی رسیده (هلو، زردآلو، گلابی و ...) به حدی کاهش می‌یابد که عمل آوری بدون تغییر شکل امکان پذیر نیست. میوه‌ها در جعبه منتقل می‌شوند و تحت تاثیر نیروهای استاتیکی و دینامیکی قرار می‌گیرند و اگر مقدار این نیروها از حد معینی تجاوز کند، سبب ایجاد آسیب در آنها می‌شود. نیروهای استاتیکی در اثر وزن آنها 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 می‌باشد (Stroshine and Hamann, 1994).

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

تماس ذرات با هم بر روی یک خط در نظر گرفته شده است که با خط افق زاویه θ را می‌سازد. در این مدل زاویه θ به پارامترهای تعداد ذرات در واحد حجم (N) و قطر ذرات (D_g) بستگی دارد. رابطه مابین این سه پارامتر به صورت رابطه ۱ می‌باشد (Stroshine and Hamann, 1994).

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

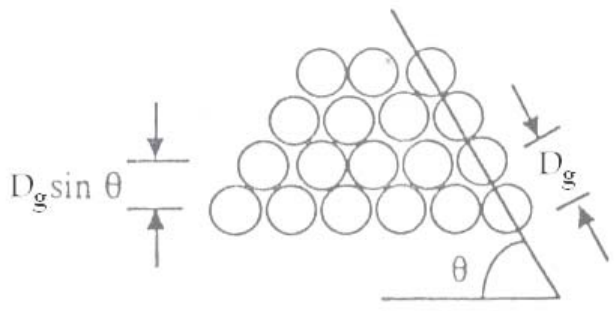
تعداد ذرات در واحد حجم از نسبت چگالی توده بر جرم هر ذره ضربدر حجم واحد آن به دست می‌آید.
اگر جعبه‌ای که در آن n ردیف میوه قرار گرفته است در نظر گرفته شود (شکل ۲) نیمه بالای هر میوه در تماس با چهار میوه لایه بالایی می‌باشد و نیمه پایینی در تماس با چهار ذره در لایه پایینی خود است. پس بر نیمه بالای ردیف اول هیچ گونه نیرویی وارد نمی‌شود. بنابراین هیگونه عکس العملی بر روی نیمه پایینی نداریم 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 (Stroshine and Hamann, 1994).

$$F = n \times w \qquad (۲)$$

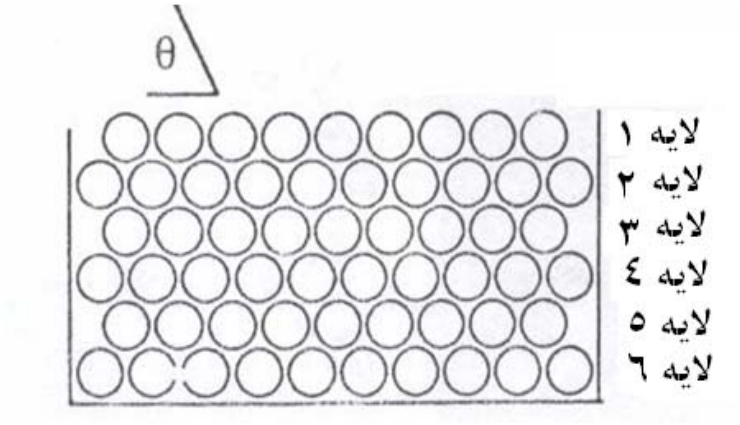
که در آن F کل نیروی وارده بر میوه در لایه آخر و w وزن متوسط میوه می‌باشد.
جهت طراحی مناسب جعبه بدین گونه عمل می‌کنیم:
از آنجا که بیشترین نیروی استاتیک بر میوه‌های لایه آخر وارد می‌شود، لذا بر اساس این میزان نیرو به طراحی ارتفاع جعبه استاندارد برای ذخیره و نگهداری آن پرداخته می‌شود. مقدار نیروی وارده بر میوه برابر با حداقل نیروی شکست میوه در نظر گرفته شد که از طریق بارگذاری میوه توسط دستگاه تست مواد بیولوژیکی در آزمایشات مکانیکی میوه تعیین می‌گردد. نیروی شکست را در رابطه ۲ قرار داده، مقدار n را جهت محاسبه عمق جعبه بدست می‌آید. همچنین مقدار زاویه از رابطه ۱ محاسبه می‌شود. عمق جعبه (h) از رابطه ۵ محاسبه می‌گردد (Stroshine and Hamann, 1994):

$$h = nD_g \sin\theta \qquad (۳)$$

h عمق جعبه (سانتیمتر)، D_g قطر میانگین هندسی (سانتیمتر) و n تعداد لایه‌های میوه در داخل جعبه، θ زاویه قرار گیری میوه‌ها نسبت به هم در داخل جعبه می‌باشد.



شکل۱- آرایش متوازی گونه ذرات نسبت به هم (Stroshine and Hamann, 1994)



شکل ۲- لایه‌های توده میوه در درون جعبه (Stroshine and Hamann, 1994)

در این تحقیق مقدار میوه توت‌فرنگی مورد مطالعه به طور تصافی در سال ۱۳۸۹ از شهرستان تهران تهیه، توزین و سپس با دست به دقت تمییز شده 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 زمانی که میوه رطوبت خود را کاملا از دست بدهد تعیین شد (AOAC, 2002). مقدار رطوبت اولیه تعیین شده برابر با ۸۸/٦ درصد بر پایه تر به‌دست آمد.

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

اندازه‌گیری سه بعد عمودی اصلی میوه توت‌فرنگی، طول(a، mm)، عرض (b، mm) و ضخامت (c، mm) به کمک کولیس دیجیتال با دقت اندازه‌گیری ۰/۰۱ میلیمتر انجام شد. میانگین هندسی قطر (D_g، mm) میوه با استفاده از روابط زیر محاسبه شد (Mohsenin, 1978).

$$D_g = (abc)^{1/3} \qquad (٤)$$

جرم نمونه‌ها (m_t) بوسیله ترازوی دیجیتال با دقت اندازه‌گیری ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد.

برای اندازه گیری چگالی توده (P_b)، یک استوانه خالی با حجم مشخص پر از میوه توت‌فرنگی گردیده و از تقسیم جرم توده میوه بر حجم توده (رابطه ٦)، میزان چگالی توده به دست آمد (Kubilay *et al.*, 2006).

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

در این رابطه، m_b برحسب g ، جرم توده و V_b بر حسب ml (cm^3)، حجم توده (حجم استوانه) می‌باشد.

میزان سختی میوه توسط ماشین تست مواد بیولوژیکی در سرعت بار گذاری ۷ میلی‌متر بر دقیقه اندازه‌گیری شد (Kubilay *et al.*, 2006).

نتایج و بحث

مقادیر به دست آمده برای میوه توت‌فرنگی در جدول ۱ آورده شده است همانطور که مشاهده می‌شود سختی میوه برابر با ۵/٦۵ N بدست آمد. لذا این مقدار نیرو مبنای طراحی در نظر گرفته شد و بر این اساس عمق مناسب جعبه محاسبه گردید. طول، عرض، ارتفاع، قطر میانگین هندسی، چگالی توده و جرم میوه توت‌فرنگی به‌ترتیب برابر با ۳۰/۱۲۵ mm، ۲۵/۳٦ mm، ۲۳/۹۱ mm، ۲٦/۳۲ mm، ٤۷۹/۷۵ kg/m^3 و ۹/۳۱ g می‌باشد. طول، عرض، ارتفاع و جرم میوه توت‌فرنگی از مقادیر بدست آمده برای میوه زردآلو در رطوبت اولیه ۸۲/۲۷ درصد بر پایه تر که بترتیب برابر با ۳۰/۱٦ mm، ۲۹/۲٦ mm، ۲۷/٦٤ mm و ۱٤/۳۵ g می‌باشد کمتر است همچنین نیروی شکست میوه توت‌فرنگی از نیروی شکست میوه زردآلو (۵/۷ N) کمتر است (Hacıseferogullari, 2007).

جدول ۱- برخی ویژگی‌های مورد نیاز اندازه‌گیری شده میوه توت‌فرنگی

درصد رطوبت (w.b)	۸۸/٦
طول (mm)	۳۰/۱۲۵±۰/۲۹
عرض (mm)	۲۵/۳۸±۰/۲۵
ضخامت (mm)	۲۳/۹۱±۰/۲۳
جرم نمونه (g)	۹/۳۱±۰/۰۸
میانگین قطر هندسی (mm)	۲٦/۳۲±۰/۲۷
چگالی توده (kg/m^3)	٤۷۹/۷۵±٤/۸
سختی میوه (N)	۵/٦۵

مقادیر گزارش شده برای میوه زیتون نسبت به میوه توت‌فرنگی در این تحقیق کمتر است طول، عرض، ارتفاع، قطر میانگین هندسی، جرم نمونه و در رطوبت ٦۰ درصد بر پایه تر به‌ترتیب برابر با ۲۵/۲۵ mm، ۲۲ mm، ۱۸/۰٦ mm، ۲۱/۵۷ mm و ٤/۲۸g می‌باشد. ولی نیروی شکست میوه زیتون بیشتر و برابر با ۵۷/۳۸ N می‌باشد (Kilickan and Guner, 2008).

با بکارگیری روابط ۱تا۵، ارتفاع مناسب برای نگهداری میوه توت‌فرنگی و همچنین پارامترهای مورد نیاز برای آن در جدول ۲ ذکر شده است.

جدول ۲- پارامترهای برآورد شده برای محاسبه عمق جعبه

(deg) θ	۱۷
(N) W	۰/۰۹۱
(N) F	۵/٦۵
n	٦۲
(cm) h	٤۷/٦

با توجه به نتایج به دست آمده عمق مناسب جعبه برای ذخیره و انبار کردن میوه توت‌فرنگی تقریبا ٤۸ سانتی متر می‌باشد. این مقدار از مقداری که برای میوه هلو (۷۰cm) گزارش شده کمتر است یکی از دلایل آن بخاطر اینکه نیروی شکست میوه توت‌فرنگی (۵/٦۵ N) کمتر از نیروی شکست میوه هلو (۱۵ N) می‌باشد (توکلی هشجین، ۱۳۸۳).

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 توت‌فرنگی به‌ترتیب برابر با ۳۰/۱۲ mm، ۲۵/۳٦mm، ۲۳/۹۱ mm، ۲٦/۳۲ mm، ٤۷۹/۷۵۲ kg/m^3 و ۹/۳۱ g می‌باشد.

۲- نیروی شکست میوه توت‌فرنگی برابر با ۵/٦۵ N می‌باشد که برابر با تقریبا ٦۲ لایه میوه است درنتیجه توصیه می‌شود جهت حمل و نقل و انبار داری میوه توت‌فرنگی از جعبه های با ارتفاع حداکثر حدود ٤۸ سانتی‌متر استفاده شود تا میوه توت‌فرنگی در اثر نیروی وزن توده در حین حمل ونقل و انبار داری دچار شکستگی نشود.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله از همکاری مهندس رضایی‌کیا کارشناس گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی و همچنین از دانشگاه آزاد واحد شهر ری و دانشگاه تربیت مدرس به‌دلیل 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.

۲- مسعودی، ح. (۱۳۸۳). بررسی میزان تغییر ویژگی‌های مکانیکی سه رقم سیب صادراتی در طی انبارداری. پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی. دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

3- Anonymous. (2010). strawberry. Available at: http:// fa.wikipedia.org/wiki.

4- Anonymous. (2010). strawberry. Available at: http://daneshnameh.roshd.ir/mavara.

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

6- Hacıseferogullari, H., Gezer, I., Ozcan, M. M. 2007. Bayram MuratAsma. Post harvest chemical and physical–mechanical properties of some apricot varieties cultivated in Turkey. Journal of Food Engineering 79 (2007) 364–373.
7- Kilickan, A., Guner M. 2008. Physical properties and mechanical behavior of olive fruits (Olea europaea L.) under compression loading. Journal of Food Engineering 87 (2008) 222–228.
8- Kubilay, V. Hasim, K. Serkan, S. (2006). A Study on Some Chemical and Physico- Mechanic Properties of Three Sweet Cherry Varieties. Journal of Food Engineering 74 .568–575.
9- Mohsenin, N. N. (1978). Physical properties of plant and animal materials. New York: Gordon and Breach.
10- Stroshine, R., Hamann, D. (1994). Physical properties of agricultural material and food products. West Lafayette: Dept of Agricultural.

Management of Transporting and Storing of Strawberry Fruit

Abstract

During fruit handling, allowable static pressure and height of free fall are important for prevention of fruit damage and losses. Allowable static pressure exerted on individual fruits is used in the design or selection of suitable storage and transport boxes. If static and dynamic loads during transport and storage exceed certain limits, fruit damage and losses ensue. Dynamic forces are caused by vibrations during transport while static loads are due to the weight of stacked fruits. Allowable static loads for different fruits are determined experimentally. In this study, first, physical properties of interest were determined for fresh strawberry fruit then calculations for the design of a suitable fruit box were conducted based on the measured properties using Ross - Issacs´theory. Suitable mean depth for packing of fresh strawberry in the box was determined to be 48 cm based on a fruit hardness of 5.65 N.

Keywords: Strawberry Fruit, Static loads, Height box