مدل سازی به روش اجزاء محدود و بررسی رفتار ویسکوالاستیک زیتون تحت بارگذاری

اسماعیل رستمی جامه بزرگی[1]، سمیرا توکلی[2]، حسن قرایی[1]، حسین عبادی[3]

1- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه تهران

2- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه شیراز

3- دانشجوی کارشناسی دانشگاه شیراز

Esmaeil.rostami@ut.ac.ir

چکیده

با توجه به خواص و کاربرد زیتون در صنایع غذایی، حفظ سلامت فیزیکی این میوه پس از برداشت و طی مراحل مختلف دارای اهمیت است و برای این مهم دانستن ویژگی های مکانیکی و توانایی مدلسازی کامپیوتری فرآیندهای مکانیکی ضروری می باشد. در این مقاله، با فرض ویسکوالاستیک بودن زیتون، مدلسازی کامپیوتری آن مورد بررسی قرار گرفت و با انجام تست های فشاری با دستگاه Instron در دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز مقایسه گردید که در نهایت داده های عملی و تئوری بسار به هم نزدیک بودند و تقریبا نتایج یکسانی را بد ست دادند. این تحقیق روی 20 نمونه زیتون انجام گردید که قطر بزرگ متوسط آن ها 22/315 میلیمتر و میانگین قطر کوچک 15/79 میلیمتر بود. متوسط نیروی فشاری بدست آمده از تست عملی 15/92 نیوتن و متوسط نیروی بدست آمده از مدل سازی انجام شده 15/77 نیوتن بود که تقریبا یکسا ن هستند.

کلمات کلیدی: ویسکوالاستیک، المان محدود، زیتون، مدل سازی

مقدمه

میوه ها و محصولات کشاورزی، نقش مهمی را در تغذیه ی انسان ها بازی می کنند . سالانه مقدار زیادی از میوه ها و محصولات کشاورزی، در اثر لهیدگی و سایر آسیب های مکانیکی هنگام برداشت، حمل و نقل، انبار کردن و بسته بندی از بین می روند یا دچار افت کیفیت می شوند که دلیل این آسیب ها وجود هر دو نوع بارگذاری دینامیکی و استاتیکی در مراحل مختلف پس از برداشت می باشد [صدرنیا و همکاران،1390]. از این رو، ضایعات در این زمینه بالا رفته و می تواند باعث کاهش سو د و افزایش قیمت نهایی محصولات و کاهش تولید گردد . از طرفی بافت سالم میوه از موارد تاثیرگذار بر انتخاب توسط مصرف کننده، قابلیت حمل و نقل و پایداری می باشد [Seymour et al., 2002]. بافت سالم محصولات کشاورزی و مقاومت آن ها در برابر آسیب و صدمه توسط خواص مکانیکی آنها بررسی و تعیین می شود[Ghysels et al., 2009]. پس برای داشتن محصولات سالم و رضایت خواسته ی مصرف کننده باید سعی بر عدم آسیب محصولات باشد و این در حالی است که در دهه ی اخیر، درخواست برای محصولات با کیفیت بالا افزایش یافته و همچنان در حال زیاد شدن است [Van Zeebroeck et al., 2007]. آنچه باعث آسیب دیدگی می گردد، افزایش تنش حاصل از نیروهای خارجی به مقداری بیش از تنش شکست بافت است. در این شرایط دیواره ی سلول های بافت میوه پاره می شود و مواد درون سلولی با هم آمیخته میگردند . این عمل باعث می شود تا بافت میوه در ای ن قسمت تغییر رنگ داده و قهوه ای شود [Rahemi, 2005]. برای

جلوگیری از این موارد، آشنایی با خواص و ویژگی های میوه ها و محصولات کشاورزی و میزان مق اومت آنها در مقابل ضربه، فشار و آسیب های مکانیکی از اهمیت بسزایی برخوردار است . دانستن ویژگی های فیزیکی و مکانیکی محصولات کشاورزی می تواند در طراحی و ساخت بهینه تجهیزات و ادوات مناسب ویژه ی برداشت، حمل و نقل، انبار کردن، بسته بندی و فرآوری محصولات کشاورزی بسیار مفید و حائز اهمیت باشد [Kilickan and Guner, 2007]. بخاطر ساختار سلولی مواد زیستی، رفتار مکانیکی بافت های گیاه ی به طور خاص به خواص فیزیکی بازمی‌گردد. مطالعات بنیادی روی خواص مکانیکی می تواند مشخصه های مقاومتی و رفتاری محصولات در برابر آسیب را بدست دهد . بخاطر اینکه اندازه گیری و کنترل خواص میوه ها بسیار سخت است، از این جهت بیشتر تحقیقات بر اساس مدل کردن بررسی و محاسبه می شوند [Pitt, 1992]. همچنین ضعف عمده روش های تجربی، پره‌زینه و زمان بر بودن آن است و ثابت نگه داشتن شرایط آزمایشگاهی برای بررسی اثر یک پارامتر، بسیار دشوار و برخی اوقات غیرممکن است [صدرنیا و همکاران، 1390].در سال های اخیر محققان بیشتر به مدل کردن میوه ها پرداختند و برخی از محققان از معادلات هرتز، تنش های سطح تماس را محاسبه کردند [Mohsenin, 1986] و برخی دیگر روش المان محدود (Finite Element Method) را برای بررسی مدهای ارتعاشی و پاسخ گذرای میوه استفاده کردند [Lu and Abbott, 1997]. مدل های ساده در مورد محصولات کشاورزی توسط محققان زیادی توسعه داده شده است [Nilsson et al., 1958; Akyurt et al., 1972; Cooke et al., 1976; Pitt, 1982; Pitt and Chen, 1983; Gates et al., 1986; Gao and Pitt., 1991; Wang and Jiao, 2004; Nourain et al, 2005]. در کتب مرجع رفتار مکانیکی محصولات کشاورزی را در طبقه ی مواد ویسکوالاستیک دسته بندی می کنند و مدل هایی مانند مدل ماکسول و کلوین را برای تغییر شکل میوه در حین بارگذاری ارائه می دهند [Mohsenin, 1986; Sitkei, 1986].

در میان میوه ها و محصولات کشاورزی، میوه ی زیتون از جایگاه ویژه ای برخ وردار است . این میوه که قبل از رسیدگی کامل به رنگ سبز می باشد، در این مرحله دارای استفاده بصورت خوراکی را دارد و پس از رسیدن که به رنگ سیاه متمایل به بنفش تغییر رنگ می دهد، بیشتر مورد استفاده ی روغن گیری دارد . از این جهت، مطالعه ی خواص مکانیکی و مقاومت این میوه در برابر نیروهای خارجی، می تواند نقش مهمی در جلوگیری از آسیب فیزیکی به این میوه پس از برداشت داشته باشد . برای انجام این مهم، مدل کردن کامپیوتری میوه، باعث بررسی جامع تری میگردد و در این پژوهش سعی بر این شد که با انجام تست های عملی و مدل سازی کامپیوتری ، تطابق این دو روش بررسی گردد.

مواد و روشها

هدف طرح حاضر یک شبیه سازی دو بعدی توسط نرم افزار Ansys روی میوه سیب است. برای این منظور زیتون ویسکو الاستیک فرض شده وتحت بار فشا ری قرار می گیرد، در نهایت نتایج با تست فشاری که توسط دستگاه Instron انجام گرفته مقایسه می شود . در ابتدا بوسیله ی دستگاه Instron، طبق استاندارد آزمون مواد غذایی مهندسان کشاورزی آمریکا [ASAE, 2002] ، 20 نمونه زیتون سبز را مورد آزمایش Relaxation قرار داده شد. قطر بزرگ و کوچک زیتون توسط کولیس الکتریکی با دقت 0/001 میلیمتر اندازه گیری شد و به ترتیب اعداد 22/315 و 15/79 میلیمتر بدست آمد . در این آزمایش کرنش اولیه 1 میلی متر، پراب به قطر 75 میلیمتر با سرعت نفوذ 600 mm/min، و زمان آزمایش 3 min، قرار می‌دهیم. سپس داده های بدست آمده را برای بدست آوردن ضرایب ویسکوالاستیک، نرم افزار SPSS 20 بکار گرفته شد که ضرایب به دست آمده به ضرایب پیش بینی شده بسیار نزدیک بودند. برای این کار از مدل تعمیم ماکسول [Mohsenin, 1986] مورد استفاده قرار گرفت .

$$f(t) = k(\Delta l)\left(E_1 e^{-t/T_1} + E_2 e^{-t/T_2} + E_3\right)$$

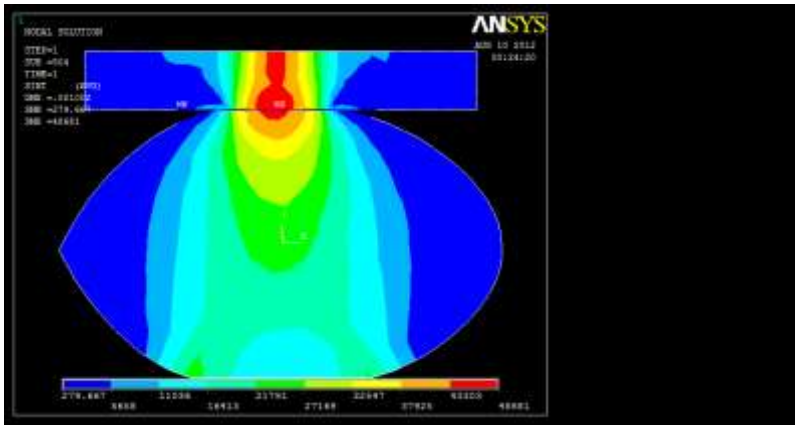
$$K = \frac{\pi \varphi^4}{\xi D}$$

D: قطر متوسط میوه

φ: قطر پراب

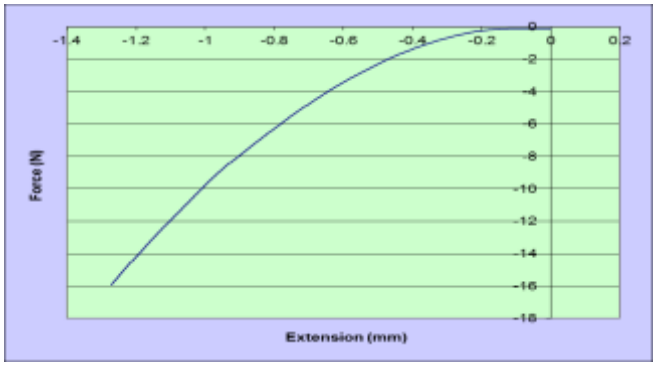
E: ضرایب ویسکوالاستیک

سپس در نرم افزار Ansys 12 زیتون و پراب را مدل کرده (شکل 1) و با تعریف مدل ویسکوالاستیک برای زیتون، ضرایب ویسکوالاستیک را که میانگینی از ضرایب نمونه ها ی مورد آزمایش بود، وارد شد. سپس با اعمال جابه جایی 1 میلیمتر برای پراب در راستا ی y و بسمت پایین، نیروهای وارد بر سطح تماس پراب و زیتون بدست آمد و با نتایج عملی مقایسه گردید.



شکل 1: مدلسازی در نرم افزار Ansys

سپس توسط دستگاه Instron، تست های فشاری با سرعت نفوذ 10 mm/min جهت مقایسه داده های عملی و تئوری بعمل آمد که نمودار آن بصورت شکل 2 می باشد.



شکل 2: نمودار نیرو و جابجایی برای آزمایش فشاری

نتایج و بحث

با انجام آزمایشات عملی و تست های Relaxation و Compression و داده های به دست آمده، نتایج با داده های بدست آمده از طریق مدلسازی و ایجاد مدل ویسکوالاستیک توسط نرم افزار Ansys، مقایسه گردید و نتایج به دست آمده با هم تقریبا برابر بود که در جدول شماره 1 نشان داده شده اند. بنابراین با توجه به مطالعات انجام شده ی در این زمینه، ایجاد مدل سازی کامپیوتری، می تواند در شناخت و بررسی خواص محصولات کشاورزی و بررسی رفتار آنها تحت بارگذاری، ضربه و اعمال نیروهای خارجی که ممکن است طی فرآیندهای برداشت، حمل و نقل، بسته بندی و انبار کردن این محصولات صورت گیرد، بسیار مفید باشد و در طراحی ادوات بکار رفته در این زمینه استفاده شود.

جدول1: نتایج بدست آمده تئوری و عملی

میانگین قطر کوچک (mm)	میانگین قطر بزرگ (mm)	ضرایب ویسکوالاستیک			ضرایب T		نیروی خوانده شده در تست با دستگاه Instron (N)	نیروی بدست آمده از مدلسازی کامپیوتری (N)
		E1	E2	E_3	T_1	T_2		
15/79	22/315						15/92 فشاری	15/77 فشاری

منابع

1 - صدرنیا.ح، عمادی . ب، رجبی پور .ع، دی بیار میکر .ج، (1390)، "شبیه سازی کامپیوتری لهیدگی موضعی سیب رقم رد دلیشز"، مجله ی مهندسی بیو سیستم ایران(42)1، 69-78.

2- Akyurt, M., Zachariah, G.L., Haugh, C.G., 1972. Constitutive relations for plant materials. Trans. ASAE 15, 766–769.

3- Cooke, J.R., De Baerdemaeker, J.G., Rand, R.H., Mang, H.A., 1976. A finite element shell analysis of guard cell deformation. Trans. ASAE 19, 1107–1121.

4- Gao, Q., Pitt, R.E., 1991. Mechanics of parenchyma tissue based on cell orientation and microstructure. Trans. ASAE 34, 232–238.

5- Gates, R.S., Pitt, R.E., Ruina, A., Cooke, J.R., 1986. Cell wall elastic constitutive laws and stress–strain behavior of plant vegetative tissue. Biorheology 23, 453–466.

6- Ghysels, P., Samaey, G., Tijskens, E., Van Liedekerke, P., Ramon, H., Roose, D., 2009. Multi-scale simulation of plant tissue deformation using a model for individual cell mechanics. Physical Biology 6, Art. No. 016009.

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, 222–228

8- Lu, R., Abbott, J.A., 1997. Finite element modeling of transient responses of applies to impulse excitation. Trans. ASAE 40, 1395–1406.
9- Mohsenin, N.N., 1986. Physical Properties of Plant and Animal Materials. Gordon and Breach Science Publishers, New York.
10- Nilsson, S.B., Hertz, C.H., Falk, S., 1958. On the relation between turgor pressure and tissue rigidity, II. Physiol. Plantarum 11, 818–837.
11- Nourain. J, Ying Yi-bin, Wang Jian-ping, Rao Xiuqin, and Yu Chao-gang. (2005). Firmness Evalution of Melon Using Its Vibration Characteristic and Finite Element Analysis. Journal of Zhejinang University Science, 6B(6), 483-490
12- Pitt, R.E., 1992. Viscoelastic properties of fruits and vegetables. In: Rao, M.A., Steffe, J.F. (Eds.), Viscoelastic Properties of Foods, pp. 49–76.
13- Pitt, R.E., Chen, H.L., 1983. Time-dependent aspects of the strength and rheology of vegetative tissue. Trans. ASAE 264, 1275–1280.
14- Rahemi. M, (2005). Postharvest an Introduction to the Physiology and Handling of Fruit, Vegetables and Ornamentals. Shiraz University Press. (In Farsi).
15- Seymour, G.B., Manning, K., Eriksson, E.M., Popovich, A.H., King, G.J., 2002. Genetic identification and genomic organization of factors affecting fruit texture. Journal of Experimental Botany 53 (377), 2065–2071.
16- Sitkei. G. (1986). Mechanics of Agricultural Materials. Elsevier, Amesterdam.
17- Van Zeebroeck. M, Van linden. V, Roman. H, DE Baerdemaeker. J, (2007). Impact damage of apples during transport and handling. Elsevier, Postharvest Biology and Technology 45, 157–167.
18- Wang. R, Jiao Qunying and Wei DEqiang. (2004). On the Mechanical Damage of Grape Using Finite Element Analysis. ASAE/CSAE Annual International Meeting. Canada.