

مدل مدت زمان بالا آمدن سیب در سورت هیدرولیکی (۳۳)

کامران خیرعلی پور^۱، سید احمد طباطبایی فر^۲، حسین مبلی^۳، شاهین رفیعی^۴، علی جعفری^۵، علی رجبی پور^۶

چکیده

در این پژوهش امکان استفاده از سرعت حد سیب در آب جهت سورت هیدرولیکی آن مطالعه شد. در این راستا مدت زمان بالا آمدن سیب به صورت تئوری فرموله شده و سپس عملاً در ستون آب اندازه گیری شد. بعضی از مشخصه های فیزیکی موثر بر زمان بالا آمدن سیب، با استفاده از روش های استاندارد اندازه گیری شد. نمودارهای حاصل از آزمون عملی نشان دادند که سیب پس از چند سانتی متر حرکت از حالت سکون به سرعت حد می رسد. در این مطالعه بهترین مدل برای زمان بالا آمدن سیب رقم ردسپار با استفاده از نرم افزار SPSS به صورت رابطه زیر بیان شد: $T_r = 6681(\rho_w - \rho_f)^{-0.83} V^{-0.88} + 1.6$ با $R^2=0.78$ بود. نتایج نشان داد که تفاضل چگالی آب و میوه و حجم میوه بیشترین تاثیر را بر زمان بالا آمدن سیب داشتند، اما ضریب شکل سیب تاثیر کمی بر آن داشت. در انتها نتیجه گرفته خواهد شد که سرعت حد سیب جهت جدا کردن سیب هائی با چگالی کمتر از بقیه محصول در خط سورت سیب قابل کاربرد است.

کلیدواژه: سورتینگ، سیب ردسپار، سرعت حد، زمان بالا آمدن

مقدمه

از آنجایی که ماشین های درجه بندی الکتریکی خیلی گران هستند و ماشین های درجه بندی مکانیکی دیر عمل می کنند [۱] و همچنین ماشین های درجه بندی که بر اساس فن آوری مادون قرمز کار می کنند پرم هزینه بوده و کالیبره و نگهداری آنها مشکل است [۲]، اخیراً "محققین متمایل به سورت هیدرولیکی میوه ها و سزیجات شده اند. سورت بر اساس چگالی، به عنوان معیار ماده خشک، به دلیل هزینه پایین و عملیات آسان، یک روش مناسب در سورتینگ میوه برای کیفیت می باشد [۳ و ۴]. همچنین سایر محصولات (مرکبات، گوجه فرنگی و سیاه گیله برای دستیابی کیفیت بالا) به صورت هیدرولیکی سورت شده اند [۵، ۶ و ۷].

سرعت حد سرعت ثابتی است که جسم در یک سیال می تواند داشته باشد. بر اساس تحقیقات جردن و کلرک^۱، ۲۰۰۴، یک روش سورت میوه بر اساس کیفیت، استفاده از سرعت حد آن هنگام حرکت در یک سیال با چگالی بیشتر یا کمتر از چگالی میوه مورد نظر می باشد. میوه های با چگالی متفاوت در زمان های برابر به عمق ها یا ارتفاع های متفاوتی می رسند و لذا می توان با قرار دادن مناسب جدا کننده، آنها را سورت نمود. در این روش می توان از آب به عنوان محیط مناسبی برای سورت میوه به دلیل تخریب کم و دسترسی آسان استفاده کرد. همچنین تنظیمات این روش فقط شامل تنظیم مکانیکی یعنی تنظیم محل قرار گیری جدا کننده می باشد.

به نظر می رسد سرعت حد یک تابع پیچیده بر اساس تفاضل چگالی ب و میوه، شکل، اندازه و حجم میوه باشد. در این تحقیق، مدت زمان بالا آمدن سیب های ردسپار در فاصله مشخص از ستون آب (با چگالی بیشتر از سیب) و همچنین اندازه و چگالی آن ها برای مطالعه امکان سورت هیدرولیکی مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش ها

تئوری

با در نظر گرفتن میوه با جرم m ، حجم V ، قطر D ، و چگالی ρ_f (m/V)، در آب با چگالی ρ_w ($\rho_f < \rho_w$) آنچنان که بزرگ ترین مساحت تصویر شده آن (A_p) عمود بر جهت حرکت آن باشد، نیروهای موثر بر آن نیروی وزن (F_w) به سمت پایین، نیروی شناوری (F_b) به سمت بالا و نیروی بازدارنده (F_d) در خلاف جهت حرکت، به سمت پایین، می باشند. ترکیب این نیروها شتابی (a) را به سیب متناسب با جرم آن می دهند [۸]:

$$F_{tot} = ma = F_w + F_d - F_b \quad (۱)$$

$$ma = mg + 0.5\rho_w v^2 C_D A - \rho_w Vg \quad (۲)$$

که v سرعت سیب می باشد. با تقسیم رابطه ۲ بر $V\rho_f = m$ داریم:

$$a = g \left(1 - \frac{\rho_w}{\rho_f} \right) + 0.5\rho_w v^2 C_D A / (V\rho_f) \quad (۳)$$

در معادله سه C_D ضریب بازدارنده، تابعی از سرعت میوه می باشد با استفاده از قانون استوک در سرعت های پایین داریم (کراو و همکاران^۱ ۲۰۰۱):

$$C_D = \frac{24}{N_R} \quad \text{For } N_R < 1 \quad (۴)$$

$$N_R = \frac{vD\rho_w}{\mu_w} \quad (۵)$$

1 Jordan, & Clark, 2004

$$C_D = \frac{24 \alpha_w}{v D \rho_w} \quad (6)$$

که N_R عدد بدون بعد رینولدز، α_w لزجت استاتیکی آب، که تابعی از دماست [۱۱]، و D قطر سیب می باشد. با جای گذاری روابط بالا در معادله سه به معادله زیر تبدیل می شود:

$$a = g \left(1 - \frac{\rho_w}{\rho_f} \right) + 12v \alpha_w A / (VD \rho_f) \quad (7)$$

بر اساس جردن و کلرک، ۲۰۰۴، با جدا کردن A/V به دو قسمت S_h و S_i داریم:

$$\frac{A}{V} = \frac{S_h}{S_i} = \left[\frac{A}{V^{\frac{2}{3}}} \right] / \left[\frac{1}{V^{\frac{1}{3}}} \right] \quad (8)$$

و با^۱ دانستن اینکه

$$D = e \left(\frac{6V}{\pi} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (9)$$

سپس معادله هفت به شکل زیر تغییر می کند:

$$a = kg \left(\frac{\pi}{6} \right)^{\frac{1}{3}} \left(1 - \frac{\rho_w}{\rho_f} \right) + \left(\frac{12 \alpha_w v S_h}{V^{\frac{2}{3}} \rho_f} \right) \quad (10)$$

وقتی که سیب از کف ستون آب رها می شود، هنگامی به ماکسیمم سرعت بالا سو (سرعت حد) می رسد که نیروهای وزن و شناوری با نیروی بازدارنده به تعادل برسند، یعنی شتاب میوه صفر شود. حال با صفر کردن شتاب در معادله ۱۰ داریم:

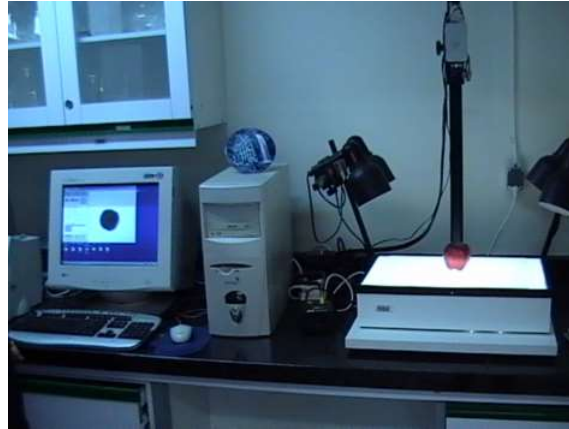
$$v_t = k \left(\frac{g \left(\frac{\pi}{6} \right)^{\frac{1}{3}}}{12 \alpha_w} \right) \left(\left(\rho_w - \rho_f \right) \frac{V^{\frac{2}{3}}}{S_h} \right) \quad (11)$$

معادله ۱۱ نشان می دهد که سرعت حد مستقیماً به تفاضل چگالی آب با میوه با توان یک، حجم میوه با توان $2/3$ و ضریب شکل میوه با توان -1 ، متناسب است.

آزمون های عملی

در این تحقیق، ۵۰ سیب رقم ردسپار به صورت تصادفی از باغ مرکز تحقیقات باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، کرج، در شهریور ۱۳۸۶ چیده شد. سیب ها در بسته های پلی اتیلنی جهت جلوگیری از هدر رفتن رطوبت آنها به آزمایشگاه خواص بیوفیزیکی محصولات کشاورزی گروه مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه تهران منتقل و در دمای چهار درجه سانتی گراد نگهداری شدند. این رقم دیررس، بزرگ، قرمز رنگ و شیرین است.

حجم و چگالی سیب ها با استفاده از روش جابجایی آب تعیین گردید. [۹] مساحت تصویر شده آنها با استفاده از دستگاه اندازه گیری مساحت دلتا تنگند گروه باغبانی دانشگاه تهران اندازه گیری گردید (شکل ۱).



شکل ۱. دستگاه اندازه گیری مساحت دلتا تنگلدن برای اندازه گیری مساحت تصویر شده سیب.

برای ایجاد محیط مناسب حرکت سیب در آب، یک ستون با قاعده مربع و ارتفاع 120 cm از جنس پلکسی گلاس 10 میل ساخته شده است. اضلاع قاعده این ستون بر اساس استاندارد [۱۰] پنج برابر قطر میوه ($40\text{ cm} \times 40\text{ cm}$) تعیین گردیده است. این ستون تا ارتفاع 110 cm از آب پر شده است. هر سیب به وسیله یک گیره غیر مخرب به صورت دم بالا، یعنی بزرگترین مساحت تصویر شده سیب به سمت بالا، در کف ستون آب قرار داده شده و پس از آرام شدن آب رها شده و بلافاصله فیلم حرکت آن از شروع حرکت تا ارتفاع 110 سانتیمتر توسط دوربین دیجیتال JVC (770) با 25 فریم بر ثانیه ضبط شده است. این کار برای هر میوه سه تا چهار بار تکرار شد. با استفاده از نرم افزار تبدیل فیلم به عکس، تمام عکس های حرکت هر سیب در فایل های جداگانه ذخیره شده اند (شکل ۲). سپس با دانستن اینکه هر عکس در 0.04 ثانیه اتفاق می افتد، زمان بالا آمدن سیب ها در 110 سانتیمتر و همچنین سرعت حد آنها محاسبه گردید. داده های بدست آمده در نرم افزار اکسل به صورت نمودار در آمده و با استفاده از نرم افزار SPSS مدل شده اند.



(۱)



(۲)



(۳)

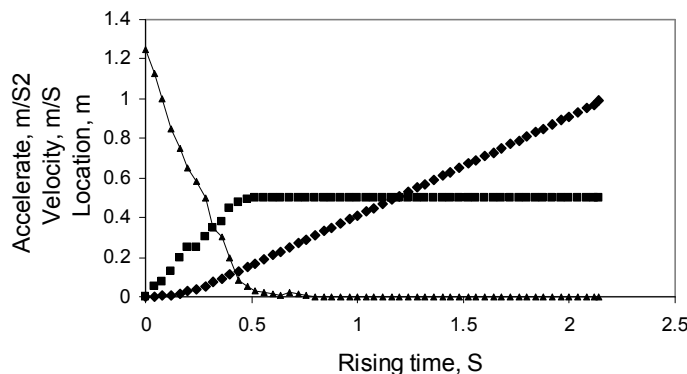


(۴)

شکل ۲. موقعیت سیب در ستون آب، ۱-سیب در حالت سکون، ۲- سیب نیم ثانیه پس از رها شدن، ۳-سیب یک ثانیه پس از رها شدن، ۴- سیب یک و نیم ثانیه پس از رها شدن.

نتایج و بحث

شکل ۳ نمودارهای شتاب (m/s^2)، مکان (m) و سرعت (m/s) سیب با چگالی $816/0 \text{ kg/m}^3$ و حجم $388/8 \text{ cm}^3$ حین بالا آمدن در ستون آب را نشان می دهد. همان طوری که شکل ۳ نشان می دهد سیب پس از حدود نیم ثانیه به سرعت حد (m/s) رسیده است. بیشتر سیب ها مقدار کمی در راستای افق حرکت داشتند.



شکل ۳. شتاب (▲)، سرعت (●) و ارتفاع (■) سیب با چگالی $816/0 \text{ kg/m}^3$ و حجم $388/8 \text{ cm}^3$.

با استفاده از معادله ۱۱ و با توجه به شکل سه که سیب تقریباً سریع به سرعت حد می رسد، و با توجه به معادله سرعت (۱۲) داریم:

$$V_t = \frac{X}{T_r} \quad (12)$$

$$T_r = BX \left[S_h (\rho_w - \rho_f)^{-1} \left(V \left(\frac{-2}{3} \right) \right) \right] \quad (13)$$

با توجه به معادله ۱۳، معادله ۱۴ را می توان برای زمان بالا آمدن سیب تخمین زد.

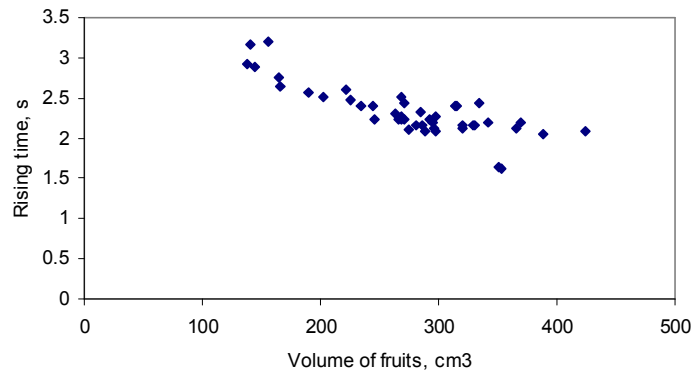
$$T_r = A(\rho_w - \rho_f)^{-b} V^{-c} S_h^d + E \quad (14)$$

که پارامترهای A ، b ، c ، d و E مقادیر مناسبی را اختیار می کرد. پارامتر E بخاطر این حقیقت که سیب سریعاً به سرعت حد نمی رسد اضافه شده است. ترکیب این پارامترها جهت رسیدن به بیشترین ضریب R^2 در مدل ۴ اعمال شده است. برای مدل کردن زمان بالا آمدن سیب رقم ردسپار هفت مدل آزمایش شده است. این مدل ها در جدول ۱ آمده اند.

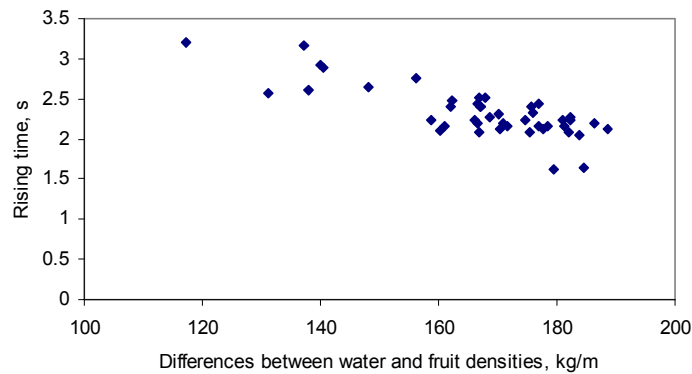
جدول ۱. مدل های مختلف با ضرایب R^2 مربوطه.

مدل	A	b	c	d	E	R^2
1	2.883			3.675	1.528	0.05
2	42.048	-0.93			-23.789	0.64
3	198.155		-0.977		1.444	0.75
۴	9.714	-17.368		-10.262	2.329	0.00
۵	92.302		-0.979	-2.579	1.336	0.77
۶	170.437	-0.418	-0.597	-1.795	0.977	0.79
7	6681.034	-0.829	-0.884		1.595	0.78

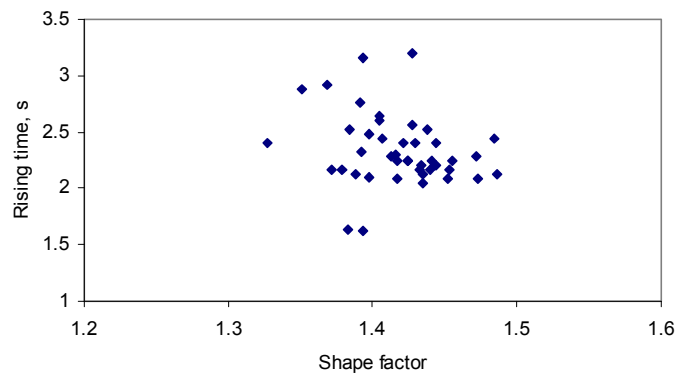
همان طوری که در جدول ۱ مشاهده می شود، تمام مدل ها دارای پارامتر E می باشند. مدل های ۱، ۲ و ۳ جهت بررسی میزان تاثیر پارامترهای حجم، تفاضل چگالی ب و سیب، و ضریب شکل سیب، بطور جداگانه، مطالعه شده اند. همچنین این پارامترها در مقابل زمان بالا آمدن سیب ها به ترتیب در شکل های ۴، ۵ و ۶ آمده اند.



شکل ۴. زمان بالا آمدن سیب ها (S) در مقابل حجم (cm³) آن ها



شکل ۵. زمان بالا آمدن سیب ها (S) در مقابل تفاضل چگالی آب و سیب (kg/m³)



شکل ۶. زمان بالا آمدن سیب ها (S) در مقابل ضریب شکل آن ها

مدل ۳ با R^2 بیشتر (0.75) از مدل ۲ (0.64) و همچنین همان طوری که از شکل های ۴ و ۵ پیداست، می توان گفت که حجم سیب نسبت به چگالی آن تاثیر بیشتری بر سرعت حد آن دارد. همان طوری که در جدول ۱ آمده است، مدل ۱ دارای R^2 برابر ۰/۰۵ می باشد که نشان می دهد ضریب شکل میوه سیب کمترین تاثیر را بر سرعت حد آن دارد. نامنظم بودن نقاط در شکل ۶ این نتیجه را تایید می کند.

در مدل ۴ تاثیر گذاری تفاضل چگالی آب و سیب با ضریب شکل آن بررسی شده است اما این مدل به خاطر R^2 صفر آن غیر قابل قبول است. مدل های ۵ و ۶ دارای R^2 بالای هستند اما با توجه به اینکه ضریب شکل در این مدل ها بر عکس تئوری بالا دارای توان منفی هست، غیر قابل قبول هستند. با حذف ضریب شکل در مدل ۶، مدل ۷ بدست آمده که دارای R^2 تقریباً برابر با مدل ۶ می باشد.

$$T_r = 6681(\rho_w - \rho_f)^{-0.83} V^{-0.88} + 1.6 \quad R^2=0.78, (15)$$

مدل ۷ با R^2 قابل قبول نشان می دهد که مهم ترین پارامتر های موثر بر سرعت حد سیب، حجم و تفاضل چگالی آب و سیب می باشند. همچنین این مدل نشان می دهد که ضریب شکل سیب تاثیر ناچیزی بر سرعت حد آن دارد. توان منفی تر حجم سیب نسبت به تفاضل چگالی آب و سیب نشان می دهد که حجم سیب نسبت به تفاضل چگالی آب و سیب تاثیر بیشتری بر سرعت حد آن دارد، این نتیجه در مدل ۲ و ۳ و همچنین در شکل های ۴ و ۵ بدست آمده بود.

نتیجه گیری

در این مطالعه بهترین مدل برای زمان بالا آمدن سیب ردسپار در آب $T_r = 6681(\rho_w - \rho_f)^{-0.83} V^{-0.88} + 1.6$ به $R^2=0.78$ عنوان تابعی از حجم سیب و تفاضل چگالی آب و سیب بدست آمد. از آنجایی که موثر ترین پارامترها بر سرعت حد سیب تفاضل چگالی آب و سیب و حجم سیب تشخیص داده شد میتوان گفت که سیب های تقریباً هم حجم را می توان بر حسب چگالی آن سورت کرد و بر عکس.

پیشنهاد می شود که سیب عملاً به روش هیدرولیکی بر اساس چگالی (کیفیت) یا حجم (کمیت) سورت شود. ممکن است برای سورت هیدرولیکی سیب لازم باشد چگالی آنرا تغییر داد تا بدین طریق سرعت حد آنرا کاهش داد یا حتی جهت حرکت آنرا تغییر داد، لذا پیشنهاد می شود افزودنی های غیر مخرب برای این هدف مورد بررسی قرار گیرند.

قدردانی

بدین وسیله محققین قدردانی خود را نسبت به گروه مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی دانشکده مهندسی بیوسیستم و گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران اعلام می درند، همچنین از جناب آقای یوسفلو، مهندس محمد شریفی و مهندس مهدی قاسمی سپاسگذاری می شود.

منابع

- [۱] Tabatabaeefar, A., & Rajabipour, A. (2005). Modeling the mass of apples by geometrical attributes. *Scientia Horticulturae*, 105, 373-382.
- [۲] Jordan, R. B., & Clark, C. J. (2004). Sorting of kiwifruit for quality using drop velocity in water. *ASAE*, 47 (6), 1991-1998.
- [۳] Richardson, A. C., McAneney, K. J., & Dawson, T. E. (1997). Carbohydrate dynamics in kiwifruit. *Journal of Horticultural Science*, 72 (5), 907-917.
- [۴] Jordan, R. B., Walton, E. F., Klages, K. U., & Seelye, R. J. (2000). Postharvest fruit density as an indicator of dry matter and ripened soluble solids of kiwifruit. *Postharvest Biological Technology*, 20 (2), 163-173.
- [۵] Perry, R. L., & Perkins, R. M. (1968). Separators for frost damaged oranges. *Citrograph*, 53 (8), 304-312.
- [۶] Gutterman, R. P. (1976). Mass flow density sorter for fruit and vegetables. In *Quality Detection in Foods*, 211-213. J. J. Gaffney, compiler. ASAE publication 1-76. St. Joseph, Mich.: ASAE.



- [۷] Patzlaff, A. W. (1980). Hydrodynamic blueberry sorting. U.S. Patent, No. 4225424.
- [۸] Crowe, C. T., Elger, D. F., & Roberson, J. A. (2001). Engineering Fluid Dynamics. 7th ed. New York, N.Y, John Wiley and Sons.
- [۹] Mohsennin
- [۱۰] Vanoni, V. A. 1975. Sedimentation Engineering. ASCE Manual 54. New York, N.Y. ASCE.