

مطالعه خواص فیزیکی و هیدرودینامیکی دو رقم انار تجاری

سعید داداشی^{۱*}، جواد طریقی^۱، سید محمد تقی غریب زاهدی^۲ و شاهین رفیعی^۳

تاریخ دریافت: ۸۹/۷/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۰/۳/۱۷

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲- دانشجوی دکتری و دانشیار گروه مهندسی ماشین آلات کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۳- دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

*مسئول مکاتبه: Email: Dadashis@ut.ac.ir

چکیده

هدف از انجام این مطالعه، تعیین و مقایسه چندین مشخصه فیزیکی و هیدرودینامیکی میان دو رقم انار تجاری کشت شده در ایران (پوست سفید و ملس یزد) بود. مقادیر قطر هندسی (۸۲/۴۵-۷۴/۶۱ میلی متر)، حجم (۵۰۳-۱۷۶ میلی متر مکعب)، دانسیته حقیقی (۱۰۲۸/۳-۹۷۰/۲۵ کیلوگرم بر متر مکعب) و ضریب بسته بندی (۰/۴۸-۰/۵۵)، تفاوت آماری معنی داری را در سطح احتمال خطای ۱٪ نشان دادند. بعلاوه، سطح تصویر و مساحت سطح رقم پوست سفید به ترتیب ۱۵ و ۱۸ درصد بیشتر ($P < 0.01$) از رقم ملس یزد بود. سرعت حد، زمان صعود و نیروی بازداري برای رقم پوست سفید ۰/۱۷- متر بر ثانیه، ۳/۴۲ ثانیه و ۱۷ نیوتن و برای رقم ملس ۰/۱۸ متر بر ثانیه، ۳/۳۸ ثانیه و ۱/۹۴ نیوتن به ترتیب ارزیابی گردید. همچنین، میزان نیروی شناوری بین دو رقم پوست سفید (۳/۲۵ نیوتن) و ملس (۲/۴۱ نیوتن) از تفاوت آماری معنی داری در سطح احتمال خطای ۱٪ برخوردار بود. تعیین این ویژگی‌ها به عنوان مبنایی برای طراحی و ساخت ماشین‌ها و تجهیزات انتقال، درجه بندی و فرآوری ارقام انار بسیار حائز اهمیت است.

واژه‌های کلیدی: انار (*Punica granatum* L.)، رقم پوست سفید، رقم ملس یزد، سرعت حد، ویژگی فیزیکی، ویژگی هیدرودینامیک

Comparison of physical and hydrodynamic properties of two commercial pomegranate varieties

S Dadashi^{1*}, J Tarighi², SMT Gharibzahedi² and Sh Rafiee²

Received: October 5, 2010

Accepted: June 7, 2011

¹MSc Student, Department of Food Science, Engineering and Technology, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Iran

²PhD Student and Associate Professor Department of Food Science, Engineering and Technology, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran Karaj, Iran

³PhD Student, Department of Food Science Engineering and Technology, Faculty of Agricultural Engineering & Technology, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj Iran

*Corresponding author: Email: Dadashis@ut.ac.ir

Abstract

The objective of this study was to determine and compare several physical and hydrodynamic attributes between two commercial pomegranate varieties (Sweet Malase and White Leather) cultivated in Iran. Results showed that the geometric mean diameter (74.61-82.45mm), volume (176-503mm³), true density (970.25-1028.3kgm⁻³) and packaging coefficient (0.48-0.55) values had statistically significant differences at 1% probability level. Moreover, projected and surface areas of White Leather variety were 15 and 18% higher (P<0.01) than Sweet Malase variety, respectively. Terminal velocity, dropping time and drag force of White Leather variety were -0.17ms⁻¹, 3.42s and 17N, respectively, while the corresponding values for Sweet Malase variety were 0.18ms⁻¹, 3.38s and 1.94N, respectively. It was also found that, the difference of buoyancy force value between Sweet Malase (2.41N) and White Leather (3.25N) was significant (P<0.01). Determination of these properties is necessary to the design of transportation, grading and processing equipments of the pomegranate varieties.

Key words: Pomegranate (*Punica granatum* L.), Sweet Malase variety, White Leather variety, Terminal velocity, Hydrodynamic properties, Physical properties

مانند کاروتنوئیدها، فیبرهای رژیمی، اسیدهای چرب غیر اشباع، فلاونوئیدها، آنتوسیانین‌ها و قندها بوده و از اینرو مصرف آن می‌تواند سبب کاهش خطر ابتلا به انواع سرطان، تقویت سیستم ایمنی بدن، ممانعت از بیماری‌های قلبی و عروقی، دیابت و پوکی استخوان گردد (موسوی نژاد و همکاران ۲۰۰۹).

با این وجود، صادرات این محصول ارزشمند تجاری ایران مانند صادرات بسیاری از محصولات کشاورزی، هنوز با مشکلات متعددی در زمینه مسائل مربوط به نگهداری، حمل و نقل، جداسازی، طبقه بندی بر اساس کیفیت و اندازه و نیز فرآوری مواجه است که می‌تواند صدمات جبران ناپذیری به صادرات این محصول وارد

۱- مقدمه

میوه انار با نام علمی (*Punica granatum* L.) از معدود میوه‌هایی است که منشا اصلی آن ایران می‌باشد (لانگتین، ۲۰۰۳). انار در مناطق زیادی از ایران که دارای آب و هوایی خشک و کم آب بوده، رشد می‌کند و بعلاوه از لحاظ تنوع ارقام در دنیا مقام اول را داراست. با این حال، این میوه به طور گسترده در اسپانیا، مصر، روسیه، فرانسه، چین، ژاپن، آمریکا و هند نیز کشت می‌گردد. میزان تولید انار در ایران در حدود ۶۵۰ تا ۶۸۰ هزار تن و سطح زیر کشت این محصول باغی حدود ۵۹ هزار هکتار برآورد می‌شود. این میوه سلامتی بخش، حاوی ترکیبات فراسودمند بسیاری

سرعت سیال در انتقال هیدرولیکی میوه جات در ارتباط با دو عامل دانسیته و شکل بوده و از این رو، تفاوت در کیفیت میوه جات می تواند، از طریق اختلاف در میزان دانسیته آن ها مشخص گردد (طباطبایی فر و رجبی پور ۲۰۰۵). جردن و کلرک (۲۰۰۴) بیان کردند که استفاده از سرعت حد میوه، که درون سیالی با دانسیته بالا یا پایین تر از دانسیته میوه حرکت می کند، می تواند روش مناسبی به منظور جداسازی میوه تلقی گردد. به طوری که میوه جات با سرعت حد متفاوت پس از طی یک فاصله ثابت در مجرا و رسیدن به اعماق مختلف می توانند به وسیله قرار دادن یک جد کننده مناسب از یکدیگر جدا شوند. بنا به دانش ما، تاکنون جزئیات اندازه گیری ویژگی های فیزیکی و هیدرولیکی دو رقم انار ملس یزد و پوست سفید گزارش نشده است. بنابراین هدف از این بررسی، تعیین و مقایسه برخی از خصوصیات فیزیکی و هیدرولیکی این ارقام تجاری به منظور ارزیابی فرآیند پس از برداشت آنها بود.

نماید. از این رو، به منظور طراحی تجهیزات فرآوری و نگهداری این میوه کاربردی، داشتن اطلاعاتی در مورد خواص فیزیکی و هیدرودینامیکی آن از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. اصولاً طراحی ماشین های کشاورزی بدون توجه به این پارامترها ناقص بوده و منجر به نتایج ضعیف خواهد گردید. بنابراین، این ویژگی ها از جمله جرم، حجم، سطح تصویر و مرکز ثقل در تعیین استانداردهای مناسب جهت طراحی سیستم های درجه بندی، حمل و نقل، فرایند و بسته بندی بسیار ضروری محسوب می شوند (غریب زاهدی و همکاران ۲۰۱۰). به منظور مدل سازی صحیح انتقال جرم و حرارت در طی سرد سازی و خشک کردن، شناخت حجم و سطح تصویر، ضروری به نظر می رسد. بعلاوه، به واسطه اهمیت مساحت رویه در تعیین جرم غشای کوتیکول در واحد سطح میوه، برقراری یک ارتباط بین جرم، ابعاد و سطح تصویر در تعیین وزنی، مفید و کاربردی است (طباطبایی فر ۲۰۰۳). طراحی

فهرست اصطلاحات

mm ²	مساحت سطح	S	-	ضریب بازداری	Cd
mm	ضخامت میوه	T	mm ²	سطح تصویر شده معادل	CPA
s	زمان صعود میوه	T _d	mm	قطر متوسط حسابی	D _a
mm ³	حجم	V	mm	قطر متوسط معادل	D _e
mm ³	حجم کل	V ₀	mm	قطر متوسط هندسی	D _g
ms ⁻¹	سرعت	v	N	نیروی شناوری	F _b
mm	عرض میوه	W	N	نیروی بازداری	F _d
g	وزن جابجایی	w	ms ⁻²	نیروی گرانش	g
kgm ⁻³	دانسیته توده ای	ρ _b	mm	طول میوه	L
kgm ⁻³	دانسیته واقعی	ρ _t	g	جرم میوه	M
m ² .s ⁻¹	ویسکوزیته سینماتیک آب	μ	-	عدد رینولدز	N _R
kgm ⁻³	دانسیته آب	γ	mm ²	سطح تصویر میوه	PA
-	ضریب بسته بندی	λ	-	نسبت منظر	R _a
-	عدد پی	π	-	کروییت	φ

۲- مواد و روش ها

۲-۱- آماده سازی نمونه های آزمایشی

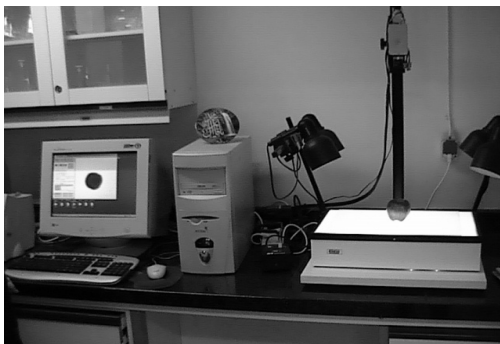
یزد رقمی به رنگ قرمز تیره با اندازه متوسط است. تعداد ۴۰-۵۰ نمونه از هر رقم برداشته شد و به منظور جلوگیری از اتلاف رطوبت در حین جابه جایی به آزمایشگاه از کیسه های پلی اتیلن استفاده گردید. کلیه نمونه ها تا اتمام آزمایشات در سردخانه با دمای ۴°C نگهداری شدند. تمامی آنالیزها در دمای اتاق و در

دو رقم انار تجاری ایران (پوست سفید و ملس یزد)، به طور تصادفی در پاییز ۱۳۸۸ از باغ مرکز تحقیقات انار یزد جمع آوری شد. انار پوست سفید رقمی به رنگ استخوانی با اندازه نسبتاً بزرگ بوده، در حالی که ملس

$$V = \frac{W}{\gamma} \quad [V]$$

در این رابطه، W به عنوان وزن آب جابه جا شده و γ دانسیته آب می باشد.

سطوح تصویر PA1 (سطح عمود بر قطر محوری PA2، (L (سطح عمود بر قطر محوری W) و PA3 (سطح عمود بر قطر محوری T) هر انار با استفاده از دستگاه Area Measurement System-Delta Tengland با دقت ۰/۰۵ میلیمتر مربع اندازه‌گیری و ثبت شد (شکل ۱).



شکل ۱. دستگاه اندازه‌گیری سطح تصویر میوه

ضریب بسته‌بندی به عنوان نسبت حجم میوه های بسته بندی شده داخل یک جعبه با حجم مشخص، به کل حجم جعبه با استفاده از رابطه زیر تعیین شد (توپوز و همکاران ۲۰۰۴):

$$\lambda = \frac{V}{V_0} \quad [\lambda]$$

در این رابطه، λ ضریب بسته بندی، V حجم واقعی میوه ها و V_0 حجم جعبه است.

۲-۳- اندازه‌گیری ویژگی‌های هیدرودینامیکی

برای تعیین خواص هیدرودینامیکی انارها از یک ستون پلکسی گلاس به ارتفاع ۱۲۰۰ میلی متر و مقطع عرضی ۴۰۰×۴۰۰ میلی متر استفاده شد (شکل ۲ الف). این ستون با قطر میوه که تقریباً ۲۰ درصد قطرستون می باشد، بهینه است (میرزایی و همکاران ۲۰۰۹). ستون به ارتفاع ۱۱۰۰ میلی متر با آب شیر پر شد. میوه‌های انار به صورت دم بالا، یعنی بزرگترین مساحت تصویر شده انار به سمت بالا، در کف ستون

آزمایشگاه های خواص فیزیکی گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی و خواص مکانیکی گروه مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه تهران انجام شد.

۲-۲- اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی

جرم میوه با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه گیری شد. با استفاده از کولیس دیجیتال با دقت ۰/۰۱ میلی متر، اندازه گیری های ابعادی (L طول، W عرض، T ضخامت) برای صد میوه به صورت تصادفی صورت پذیرفت و سپس با توجه به روابط یک تا چهار، قطر متوسط حسابی (D_a)، هندسی (D_g) و قطر معادل (D_e) بر حسب میلی متر و نیز ضریب کرویت (ϕ)، به عنوان نسبت مساحت سطح کره هم حجم میوه به مساحت سطح میوه بر حسب درصد برای آن ها تعیین شد (محسنین ۱۹۸۶):

$$D_a = \frac{L + W + T}{3} \quad [1]$$

$$D_g = (LWT)^{1/3} \quad [2]$$

$$D_e = \left(\frac{L(W+T)^2}{4} \right)^{1/3} \quad [3]$$

$$\phi = \frac{(LWT)^{1/3}}{L} \quad [4]$$

مساحت سطح میوه (S) با استفاده از رابطه ۵ (محسنین ۱۹۸۶) بر حسب میلی متر مربع، نسبت منظر^۱ (R_a) با توجه به رابطه ۶ (غریب زاهدی و همکاران ۲۰۰۹) محاسبه شد:

$$S = \pi D_g^2 \quad [5]$$

$$R_a = \frac{W}{L} \quad [6]$$

حجم و دانسیته انار با استفاده از روش جایگزینی آب تعیین شد. انارهایی که به صورت تصادفی انتخاب شده بودند با استفاده از یک میله فلزی با قطر و حجم ناچیز، درون استوانه‌ای اندازه گیری که با حجم مشخص از آب پر شده قرار گرفتند. در طی اندازه گیری، میوه روی آب شناور نمی شود؛ وزن آب جابه جا شده توسط میوه ثبت شد. حجم (V) هر یک از میوه ها طبق رابطه زیر محاسبه شد (محسنین ۱۹۸۶):

¹- Aspect ratio (R_a)

ستون) تا پایان حرکت (بالای ستون آب) به عکس تبدیل شد. زمان بالا آمدن و سرعت حد میوه با توجه به این واقعیت که هر عکس در مدت ۰/۰۴ ثانیه گرفته شده، محاسبه گردید.

آب قرار داده شد. یک دوربین دیجیتال JVC با ۲۵ فریم در ثانیه، جابه جایی میوه از نقطه آزاد تا بالای ستون آب را همزمان ثبت کرد (شکل ۲ب). آزمایشات برای هر میوه با ۳ یا ۴ بار تکرار انجام شد. با استفاده از نرم افزار تبدیل فیلم به عکس AVD Video Processor (v7.3.1)، فیلم حرکت انار از لحظه شروع حرکت (کف



ب

الف

شکل ۲- ستون اندازه گیری خواص هیدرودینامیکی (الف) و نحوه ثبت حرکت میوه با استفاده از دوربین دیجیتال JVC با ۲۵ فریم در ثانیه (ب).

که F_b نیروی شناوری بر حسب نیوتن، V حجم میوه بر حسب متر مکعب، N_R عدد رینولدز، μ ویسکوزیته سینماتیک آب، g نیروی گرانش و D_e قطر میوه است. داده‌های حاصل از مطالعه به صورت میانگین سه تکرار ارائه و به کمک نرم‌افزار آماری SPSS 13 مورد تحلیل قرار گرفتند و مقایسه میانگین‌ها به کمک آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال خطای ۱ درصد انجام شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- خواص فیزیکی

برخی از ویژگی‌های فیزیکی دو رقم انار پوست سفید و ملس یزد در جدول ۱ آورده شده است. طبق نتایج بدست آمده، میانگین طول، عرض و ضخامت میوه برای رقم پوست سفید به ترتیب ۸۲/۶۲، ۸۳/۴۵ و ۸۱/۳۱ میلی متر بود، در حالی که مقادیر متناظر برای رقم ملس یزد، ۷۱/۶۵، ۷۵/۳۵ و ۷۵/۷۰ میلی متر بدست آمد. تفاوت این مقادیر میان دو رقم در سطح احتمال

نیروی بازدارنده (F_d) و نیروی شناوری (F_b)، نیروهایی هستند که در مقابل حرکت میوه در آب عمل می‌کنند و به ترتیب با رابطه‌های زیر تعریف می‌شوند:

$$F_d = C_d A_p \frac{\rho_f v^2}{2} \quad [9]$$

F_d نیروی بازدارنده بر حسب نیوتن، A_p سطح تصویر بر حسب سانتی متر مربع، ρ_f دانسیته ظاهری آب بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب، v سرعت بر حسب متر بر ثانیه و C_d ضریب کشش می باشد.

این رابطه تابعی از سرعت میوه بوده که می توان آن را در سرعت پایین با قانون استوک مدل کرد (کروو و همکاران ۲۰۰۴).

$$C_d = \frac{24}{N_R} \quad N_R < 1 \quad [10]$$

$$N_R = \frac{v \cdot D_e}{\mu} \quad [11]$$

$$F_b = \rho_f \cdot V \cdot g \quad [12]$$

تغییر کرد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که با افزایش حجم میوه ضریب بسته بندی بالا می‌رود. صلاح و همکاران (۲۰۰۲) با مطالعه خواص فیزیکی انارهای کشت شده در عربستان نشان دادند که به غیر از پارامترهای وزن کل و دانسیته، پارامترهای دیگر نظیر طول، قطر و حجم تفاوت معناداری را با یکدیگر نشان نمی‌دهند و به مقادیر ۶/۵۵، ۳/۶۷ سانتیمتر، ۱۵۶/۷۴ سانتیمتر مکعب و ۱/۳۸ گرم بر سانتیمتر مکعب به ترتیب برای طول، قطر، حجم و دانسیته دست یافتند. اختلاف در نتایج ویژگی‌های مورد بررسی توسط این محققان با یافته‌های بدست آمده در این مطالعه را می‌توان به تفاوت در نوع رقم و شرایط محیطی مانند محل کشت، نوع آب و هوا و تیمارهایی نظیر میزان کود دهی طی مراحل رشد گیاه نسبت داد (غریب زاهدی و همکاران ۲۰۰۹).

خطای ۱٪ معنادار بود که می‌توان گفت، رقم پوست سفید دارای اندازه بزرگتری نسبت به رقم ملس یزد می‌باشد. میانگین قطرهای هندسی، معادل و حسابی برای ارقام پوست سفید و ملس یزد متفاوت بود. به طوری که برای رقم پوست سفید به ترتیب ۸۲/۴۵، ۸۲/۴۷ و ۸۲/۵۱ میلی‌متر و ۷۴/۶۳، ۷۴/۶۴ و ۷۴/۶۴ میلی‌متر برای رقم ملس یزد ارزیابی گردید ($P < 0.01$). همچنین، سطح تصویر در سه محور و مساحت سطح میوه برای هر دو رقم تعیین گردید. نتایج نشان داد که سطح تصویر و مساحت سطح رقم پوست سفید به ترتیب با اختلاف ۱۵ و ۱۸ درصد بیشتر از رقم ملس یزد می‌باشد ($P < 0.01$). میانگین دانسیته واقعی برای ارقام پوست سفید و ملس یزد به ترتیب برابر با ۱۰۲۸/۳ و ۹۷۰/۲۵ کیلوگرم بر متر مکعب بود. ضریب بسته بندی برای رقم پوست سفید و ملس یزد از ۰/۴۸ تا ۰/۵۵

جدول ۱- برخی خواص فیزیکی دو واریته انار مورد بررسی در این مطالعه

سطح معنی دار	واریته						خواص فیزیکی
	پوست سفید			ملس یزد			
	میانگین	کمینه	بیشینه	میانگین	کمینه	بیشینه	
**	۸۲/۶۲	۶۸/۷۷	۹۹/۶	۷۱/۶۵	۶۱/۱۹	۸۵/۸۷	طول
**	۸۳/۴۵	۷۳/۲۹	۱۰۰/۸۵	۷۵/۳۵	۶۷/۳۱	۸۷/۸۸	عرض
**	۸۱/۳۱	۷۰/۲۷	۹۶/۴۲	۷۵/۷۰	۶۷/۳۲	۸۶/۶۷	ضخامت
**	۸۲/۵۱	۷۳/۶۱	۹۵/۵۸	۷۴/۶۴	۶۶/۷	۸۳/۹۶	قطر حسابی
**	۸۲/۴۵	۷۳/۶۱	۹۵/۵۹	۷۴/۶۱	۶۶/۶۱	۸۳/۹۳	قطر هندسی
**	۸۲/۴۷	۷۳/۶۱	۹۵/۵۱	۷۴/۶۲	۶۶/۶۲	۸۳/۹۵	قطر میانگین
**	۳۳۱/۶۷	۲۲۷/۹۳	۵۰۲/۶۸	۲۴۵/۵۴	۱۶۶/۳۷	۳۱۹	جرم
**	۳۲۶	۲۱۷	۵۰۳	۲۴۴	۱۷۶	۳۳۲	حجم
**	۱/۰۱	۰/۹۱	۱/۱۰	۱/۰۴	۰/۹۷	۱/۱۱	کرویت
**	۲۱۳۴۸/۹۰	۱۷۰۱۴/۹۷	۲۸۶۲۹/۰۱	۱۷۴۷۹/۲۳	۱۳۹۳۳/۴۳	۲۲۱۸/۷۴	مساحت
**	۸۳۸۵/۴	۶۱۸۰/۱	۱۱۶۱۰/۹	۷۱۰۳/۳	۵۵۶۳/۴	۸۸۷/۷	سطح عمود بر قطر L
**	۸۴۹۱/۸	۶۴۷۹/۸	۱۱۹۸۱/۵	۷۳۲۰/۰۳	۵۶۸۵/۹	۹۰۶۳/۹	سطح عمود بر قطر W
**	۸۵۷۷/۹۵۰	۶۳۷۴/۲۰	۱۱۹۱۸/۰۰	۷۱۵۴/۴	۵۳۳۳/۱	۹۰۵۷/۸	سطح عمود بر قطر T
**	۸۷۲۰/۳۳	۶۳۴۴/۱۲	۱۱۷۳۸/۱۵	۷۱۷۲/۵۵	۶۳۴۴/۷	۱۱۷۳۸/۰۰	سطح تصویر معادل
**	۵۵/۵۵			۴۸/۸۹			ضریب بسته بندی
**	۱۰۲۸/۳	۹۵۸/۱۳	۱۳۴۰/۴۴	۹۷۰/۲۵	۸۸۲/۴۴	۱۰۲۱/۳۲	دانسیته واقعی
**	۱/۰۳	۰/۹	۱/۲۲	۰/۹۴	۰/۸۴	۱/۰۲	نسبت منظر

** معنی دار در سطح احتمال خطای ۱٪ NS غیرمعنی دار

۳-۲- خواص هیدرودینامیکی

نیز کاهش یافت ولی این کاهش از لحاظ آماری معنی دار نبود. ظاهری و همکاران (۲۰۱۰)، طی مطالعه ای بر روی خواص هیدرودینامیکی گوجه فرنگی، با رسم منحنی‌های اختلاف دانسیته، حجم میوه و فاکتور شکل در مقابل سرعت حد نشان دادند که دانسیته بیشترین تاثیر را بر سرعت حد دارد. خیرعلی پور و همکاران (۲۰۰۸) سرعت حد و زمان بالا آمدن دو رقم سیب Delbarstival و Redspar را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج حاکی از این بود که سیب بعد از ۰/۵ ثانیه از رها شدن به سرعت حد خود می رسد و طی حرکت تمایل کمی به چرخش و حرکت افقی دارد. آنها همچنین نشان دادند که با کاهش دانسیته واقعی و افزایش قطر متوسط هندسی، سرعت حد افزایش می یابد، در مقایسه با کار خیرعلی پور و همکاران (۲۰۰۸) بیشتر بودن زمان رسیدن به سرعت حد برای میوه انار در مقایسه با میوه سیب به دلیل تفاوت اندازه، وزن و چگالی انار نسبت به سیب می باشد. در مورد محصول انار با توجه به نتایج گزارش شده در جداول ۱ و ۲، مشاهده می شود که با افزایش دانسیته واقعی، مقدار قدر مطلق سرعت حد میوه کاهش می یابد.

ویژگی های هیدرودینامیکی مورد بررسی دو رقم انار پوست سفید و ملس یزد در جدول ۲ نشان داده شده است. سرعت حد رقم پوست سفید و ملس یزد به ترتیب ۰/۱۷- و ۰/۱۸ متر بر ثانیه بدست آمد که از لحاظ مقدار قدر مطلق مقادیر بدست آمده، اختلاف معنی داری در سرعت حد دو رقم مشاهده نگردید. با این حال، با توجه به این که دانسیته رقم پوست سفید بیشتر از آب بود، این رقم در داخل آب به سمت پایین حرکت کرد. این نتایج با یافته های گزارش شده توسط دوی و همکاران (۱۹۶۶) در مورد سیب سازگار بود. با توجه به اختلاف سرعت حد و نیز به دلیل دانسیته بیشتر رقم پوست سفید نسبت به آب، این رقم درون سیال به سمت پایین ته نشین می شود، در حالی که رقم ملس یزد به دلیل دانسیته کمتر نسبت به آب، روی آب شناور می ماند. بنابراین، به راحتی می توان این دو رقم انار را کاملا به صورت هیدرولیکی و بدون هیچ گونه آسیب به میوه طبقه بندی و جدا کرد. در رابطه با سایر پارامترها مشاهده گردید که سرعت حد هر دو رقم انار بیشتر تحت تاثیر دانسیته واقعی میوه می باشد، به گونه ای که با افزایش دانسیته واقعی، قدر مطلق سرعت حد میوه

جدول ۲- برخی خواص هیدرودینامیکی دو واریته انار مورد بررسی در این مطالعه

سطح معنی دار	خواص هیدرودینامیکی						
	واريته			ملس یزد			
	پوست سفید	میانگین		پوست سفید	میانگین		
	مینیمم	ماکزیمم	مینیمم	ماکزیمم	مینیمم	ماکزیمم	
ns	۰/۱۷-	۰/۱۰	۰/۲۷	۰/۱۸	۰/۰۹	۰/۳۲	سرعت حد
ns	۳/۴۲	۲/۱۶	۸/۶۴	۳/۳۸	۱/۸۸	۶/۴	زمان صعود
**	۳/۲۵	۲/۲۴	۴/۹۳	۲/۴۱	۱/۶۳	۳/۱۳	نیروی شناوری
ns	۲/۱۷	۱/۰۵	۳/۴۷	۱/۹۴	۰/۸۹	۳/۴۳	نیروی بازداري

** معنی دار در سطح احتمال خطای ۱٪ ns غیرمعنادار

زیرا به منظور بدست آوردن سرعت حد، شاخص هایی نظیر نیروی شناوری، نیروی بازداري و وزن انار باید در حال تعادل باشند.

همچنین، نیروی شناوری برای رقم های پوست سفید و ملس یزد به ترتیب ۳/۲۵ و ۲/۴۱ نیوتن ارزیابی شد، در حالی که میزان نیروی بازداري برای این دو رقم به ترتیب ۲/۱۷ و ۱/۹۴ نیوتن برآورد گردید. این پارامترها می توانند، جهت مدل سازی سرعت حد و مدت زمان بالا یا پایین رفتن میوه درون سیال مفید واقع شوند،

- ۴- نتیجه گیری کلی
۱. طول، عرض و ضخامت برای ارقام پوست سفید و ملس یزد به ترتیب (۸۲/۶۲، ۸۳/۴۵ و ۸۱/۳۱ میلی متر) و (۷۵/۷۱، ۷۵/۷ و ۷۵/۷ میلی متر) بدست آمد که نتایج بدست آمده نشان داد که رقم پوست سفید در حالت کلی و از نظر شکلی کمی بزرگتر از رقم ملس یزد است.
 ۲. سطح تصویر شده معادل (CPA) رقم پوست سفید ۲۱/۱۵ درصد از رقم ملس یزد بزرگتر بود، در حالی که دانسیته واقعی رقم پوست سفید ۵/۹۷ درصد بزرگتر از رقم ملس یزد مشاهده گردید.
- ضریب بسته بندی برای رقم پوست سفید نیز بزرگتر از رقم ملس یزد بدست آمد.
۳. در مقایسه با مقادیر قدر مطلق برای سرعت حد ارقام مورد مطالعه در این تحقیق، مقادیر قدر مطلق دو رقم انار یکسان بدست آمد.
 ۴. دو پارامتر هیدرولیکی نیروی شناوری و نیروی بازدارنده برای رقم پوست سفید بزرگتر از رقم ملس یزد مشاهده گردید.

منابع مورد استفاده

- Crowe CT, Elger DF, and Roberson JA, 2001. Engineering Fluid Dynamics. John Wiley, New York.
- Dewey DH, Stout BA, Matthews RW, and Bekker-Arkema FW, 1966. Developing of hydro-handling system for sorting and sizing apples for storage in pallet boxes. USDA, Marketing Research Report 743: SDT, UDFS.
- Gharibzahedi SMT, Mousavi SM, Hamed M and Garavand AT, 2009. Determination of some physical, mechanical, chemical and thermal attributes of black seed (*Nigella oxypetala* Boiss.). International conference of agricultural engineering, December 7–10, Bangkok, Thailand.
- Gharibzahedi SMT, Mousavi SM, Moayedi A, Taheri Garavand A and Alizadeh SM, 2010. Moisture-dependent engineering properties of black cumin seed (*Nigella Sativa L.*). Agricultural Engineering International, the CIGR Ejournal, CIGR Journal 12 : 194-202.
- Jordan RB, and Clark CJ, 2004. Sorting of kiwifruit for quality using drop velocity in water. Transactions of the ASABE 47: 1991-1998.
- Kheiralipour K, 2008. Determination of terminal velocities of two apple varieties (cv; Redspar and Delbarstival) using water column. MSc Thesis. University of Tehran, Iran.
- Longtin, R, 2003. The pomegranate: Nature's power fruit. Journal of the National Cancer Institute, 95: 346–348.
- Mirzaee E, Rafiee S, Keyhani A, Emam-Djomeh Z and Kheiralipour K, 2009. Hydro-sorting of apricots based on some physical characteristics. Journal of Agricultural Engineering Research 55: 159-164.
- Mohsenin NN, 1986. Physical Properties of Plant and Animal Materials. Gordon and Breach Press, New York.
- Mousavinejad G, Emam-Djomeh Z, Rezaei K, and Haddad Khodaparast M H, 2009. Identification and quantification of phenolic compounds and their effects on antioxidant activity in pomegranate juices of eight Iranian cultivars. Food Chemistry 115: 1274–1278.
- Salah A and Ahmad D, 2002. Changes in physical and chemical properties during pomegranate (*Punica granatum L.*) fruit maturation. Food Chemistry 76: 437–441.
- Tabatabaefar A, and Rajabipour A, 2005. Modeling the mass of apples by geometrical attributes. Horticultural Science 105: 373-382.
- Tabatabaefar A, 2003. Moisture-dependent physical properties of wheat. International Agrophysics 17: 207-211.

- Taheri Garavand A, Rafiee S, Keyhani A, and Mirzaee E: 2010. Determination of hydrodynamic terminal velocity of tomato. Proceedings of 2010 International Conference on Agricultural and Animal Science (CAAS 2010) 26-28 February, Singapore, pp: 19-23.
- Topuz A, Topakci M, Canakci M, Akinci I, and Ozdemir F, 2004. Physical and nutritional properties of four orange varieties. Journal of Food Engineering 66: 519-523.