بررسی اثر محتوای رطوبتی بر شاخص‌های فیزیکوشیمیایی دو رقم عدس کشت شده در ایران (Lens culinaris Medik)

سید محمد تقی غریب زاهدی [۱]، امین طاهری گراوند [۲]، سید محمد موسوی [۳]، سیدمهدی جعفری [۳]*

[۱] دانشگاه تهران ، دانشکده مهندسی بیوسیستم ، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی

[۲] دانشگاه تهران، دانشکده مهندسی بیوسیستم ، گروه مکانیک ماشین های کشاورزی

[۳] دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان ، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی(مسوول مکاتبات)

پست الکترونیک: **smjafari@gau.ac.ir**

تاریخ دریافت:۸۷/۱۱/۱۵ تاریخ پذیرش:۸۷/۱۱/۱۳

چکیده

در این بررسی ، ویژگی‌های فیزیکی و تغذیه ای دو رقم عدس (قرمز و سبز) کشت شده در ایران تعیین شد. شاخص‌های فیزیکی از قبیل ابعاد محوری ، قطر متوسط هندسی و حسابی ، کرویت ، مساحت رویه ، دانسیته ی توده ، دانسیته ی حقیقی ، تخلخل ، زاویه ی انبوهش و ضرایب اصطکاک ایستایی بر سطوح مختلف در محدوده ی رطوبتی ۲۱/۱-۹/۵٪ (بر پایه تر) برای هر دو رقم ارزیابی شد. همچنین ، شاخص‌های تغذیه ای شامل میزان خاکستر، پروتئین خام ، روغن ، نشاسته و بعضی از مواد معدنی مانند پتاسیم ، فسفر، کلسیم ، منیزیم ، سدیم ، منگنز ، آهن ، روی و مس مورد بررسی قرار گرفت. مطالعه ی حاضر نشان می‌دهد که دو رقم مورد بررسی در بسیاری از شاخص های اندازه گیری شده ، تفاوت معنی‌داری دارند. این اختلاف را می‌توان به تفاوت در نوع رقم ، شرایط محیطی و رشد نسبت داد. از این‌رو، تعیین ویژگی‌های فیزیکی و تغذیه‌ای عدس در طراحی بسیاری از ماشین‌ها و دستگاه‌های فرآوری آن ضرورت دارد.

واژه‌های کلیدی : خصوصیات فیزیکی ، خصوصیات تغذیه‌ای ، ترکیب شیمیایی ، عدس

۱- مقدمه

عدس با نام علمی **(Lens culinaris Medik.)** ، از جمله مهم‌ترین حبوبات کشت شده در فصل‌های سرد سال است که به طور گسترده در کانادا ، هند ، ترکیه ، امریکا و استرالیا تولید می‌شود. تولید جهانی این محصول در طی سال های ۲۰۰۶-۲۰۰۵، حدود ۴/۱۵ میلیون تن برآورد شده است که از این میزان حدود ۷۰٪ از نوع قرمز، ۲۵٪ سبز و ۵٪ قهوه ای بوده است. کانادا بزرگ ترین کشور تولید کننده ی عدس با میزان ۱/۳ میلیون تن و هند با میزان ۱ میلیون تن تولید ، رتبه ی دوم را به خود اختصاص داده است. این ماده ی ارزشمند دارای خواص تغذیه‌ای منحصر به فردی از لحاظ میزان پروتئین ، نشاسته و عناصر معدنی است (۲) . با توّجه به امکان توسعه ی سطح زیر کشت این محصول و نیز ایجاد صنایع غذایی وابسته ، سیستم‌های فرآوری و بسته‌بندی ، ایران از پتانسیل بالایی به منظور ورود به بازارهای جهانی

برخوردار است. از این‌رو، جهت توفیق در تولید و توسعه ی سطح زیر کشت این محصول ، توّجه به ایجاد دستگاه‌های فرآوری مناسب جهت عرضه‌ی محصول مرغوب و با کیفیت بالا اجتناب ناپذیر است. از این رو، جهت طراحی تجهیزات برداشت ، انتقال ، جداسازی ، درجه‌بندی ، بسته‌بندی ، فراوری ، انبارداری و سایر تجهیزات پس از برداشت این محصول کاربردی ، دانستن اطلاعاتی در مورد خواص فیزیکی ، مکانیکی ، حرارتی و تغذیه ای آن از اهمیت بالایی برخوردار است.

خواص فیزیکی بر خصوصیات انتقال هیدرودینامیکی و پنوماتیکی مواد جامد ، سرد کردن و حرارت دادن مواد غذایی تاثیر می‌گذارد. مهم‌ترین خواص هندسی عبارتند از: شکل ، اندازه (ابعاد)، قطرهای هندسی و حسابی ، سطح و کرویت. دانسیته ی توده و تخلخل ، مهم‌ترین عواملی هستند که در طراحی سیستم های خشک کردن و هوادهی مورد توجه قرار می‌گیرند. چون این خواص بر مقاومت جرمی که در مقابل جریان هوا قرار دارد ، تاثیر می‌گذارند. در تئوری‌هایی که برای پیش‌بینی فضای انبار بکار می‌روند ، دانسیته ی توده ، عامل اساسی به شمار می‌رود. وزن هزار دانه ، شاخص موثر و مفیدی در تعیین قطر معادل است و می‌تواند برای تخمین تئوریک حجم دانه و همچنین در پاک کردن آن‌ها با استفاده از نیروهای آئرودینامیکی به کار گرفته شود. دسترسی به اطلاعات علمی در رابطه با ویژگی‌های فیزیکی دانه ی عدس جهت طراحی بهینه‌ی تجهیزات انبارداری ، حمل و نقل ، بوجاری ، فرآوری و بسته‌بندی ضروری به نظر می‌رسد. اهمیت میزان تخلخل دانه‌ها در بحث ذخیره‌سازی ، بسته‌بندی و تعیین پایداری توده ی دانه‌ها در برابر جریان هوا نمود پیدا می‌کند. زاویه ریپوز(انبوهش) جهت تعیین ساختار انبارها ضروری است و ضریب اصطکاک استاتیکی(ایستایی) نیز پارامتر مهمی برای طراحی تجهیزات انتقال و انبارداری دانه‌ها می‌باشد .همچنین در طراحی نوار نقاله‌ها مهم به شمار می‌رود. زیرا به منظور انتقال بدون لغزش دانه‌ها به اصطکاک نیازمندیم. بنابراین ، در این بررسی سعی می‌شود ، به تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی دو واریته ی عدس (قرمز و سبز) در دامنه ی رطوبتی ۲۱/۱-۹/۵٪ (بر پایه ی تر) پرداخته شود. سپس ویژگی‌های شیمیایی این دو واریته از قبیل میزان خاکستر، پروتئین خام ، روغن ، نشاسته و بعضی از مواد معدنی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- تعیین شاخص های فیزیکی

با توّجه به امکان توسعه ی سطح زیر کشت این محصول و نیز ایجاد صنایع غذایی وابسته ، سیستم‌های فرآوری و بسته‌بندی ، ایران از پتانسیل بالایی به منظور ورود به بازارهای جهانی برخوردار است. از این‌رو ، جهت توفیق در تولید و توسعه ی سطح زیر کشت این محصول ، توّجه به ایجاد دستگاه‌های فرآوری مناسب جهت عرضه‌ی محصول مرغوب و با کیفیت بالا اجتناب‌ناپذیر است. تعیین خواص فیزیکی و تغذیه‌ای محصولات کشاورزی به عنوان مبنایی برای طراحی و

ساخت ماشین‌ها و تجهیزات انتقال ، درجه‌بندی و فرآوری محصولات کشاورزی همیشه مورد توّجه بوده است. اصولاً طراحی ماشین‌های کشاورزی بدون توّجه به این پارامترها ناقص و منجر به نتایج ضعیف خواهد گردید.

دو رقم عدس قرمز و سبز برای همه آزمایش های این تحقیق مورد استفاده قرار گرفتند. عدس‌ها در شهریور ماه ۱۳۸۷ از یک بازار محلی در شهر کرج خریداری شد و سپس در ظروف درب بسته‌ای به آزمایشگاه انتقال داده شدند. قبل از شروع آزمایش ها ، عدس‌ها پاک شده و اجسام خارجی از قبیل پوشال ، دانه‌های آسیب دیده و شکسته شده از آن‌ها جداسازی شد. رطوبت اولیه با قرار دادن آن‌ها در یک اجاق آزمایشگاهی در حرارت **c**°۱۰۳**±**۱ برای مدت ۷۲ ساعت ، با تعیین رطوبت اولیه ۹/۵۰ درصد بر پایه تر به دست آمد (۳) . به منظور رسیدن به سطوح رطوبتی مورد نظر در این مطالعه ، دانه‌ها با اضافه شدن آب به آن‌ها و طی عملیات مشروط سازی در ظروف پلاستیکی به خوبی مخلوط شدند و سپس طبق رابطه ی زیر میزان رطوبت محاسبه شد (۸) .

$$Q=\frac{W_i(M_f-M_i)}{100-M_f} \qquad (۱)$$

در این رابطه ، **Q**؛ جرم آب اضافه شده بر حسب کیلوگرم، **Wi** ؛ جرم اولیه ی نمونه بر حسب کیلوگرم، M_i ؛ محتوای رطوبتی اولیه ی نمونه بر پایه ی خشک ، M_f ؛ رطوبت نهایی نمونه بر پایه ی خشک می‌باشد. بعد از رسیدن نمونه‌ها به سطوح رطوبتی مورد نظر، دانه‌ها برای مدت ۷ روز در دمای **c**° ۱**±**۵ در یخچال به منظور توزیع یکنواخت رطوبت در سراسر دانه نگه داری شدند (۷). محتوای رطوبتی نمونه‌ها پس از متعادل‌سازی و قبل از انجام آزمایش ها تعیین شد. بر این اساس ۵ سطح رطوبتی ۹/۵۰، ۱۳/۲، ۱۶/۸ و ۱۹/۷ و ۲۱/۱ درصد بر پایه تر تعیین گردید. با استفاده از کولیس دیجیتال با دقت ۰/۰۱ میلی متر ، اندازه‌گیری‌های ابعادی (**L** طول، **W**عرض،**T** ضخامت) برای صد دانه از هر رقم به صورت تصادفی صورت پذیرفت و سپس با توجه به روابط ۵-۲، قطر متوسط حسابی(**Da**) و هندسی (**Dg**)، کرویت **(ϕ)** و مساحت سطح رویه **(S)** برای آن‌ها تعیین شد (۱۳):

$$D_a=\frac{L+W+T}{3} \qquad (۲)$$

$$D_g=(LWT)^{1/3} \qquad (۳)$$

$$\phi=\frac{(LWT)^{1/3}}{L} \qquad (۴)$$

$$S=\pi D_g^{\,2} \qquad (۵)$$

همچنین، به منظور تعیین وزن هزار دانه از ترازویی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۰۱ استفاده شد. برای اندازه‌گیری چگالی توده (**ρb**) طبق رابطه ی ۶، یک استوانه خالی را با حجم مشخص پر از نمونه کرده ، از تقسیم جرم توده (m_t) بر حجم توده (V_t)، میزان چگالی توده به دست آمد (۱۳). جهت تعیین چگالی حقیقی(ρ_t) از تولوئن غیرجاذب استفاده شد تا فضای خالی مابین نمونه ها تعیین شده و از کاستن حجم توده از آن ، حجم واقعی محاسبه شود. با تقسیم جرم توده به حجم واقعی ، میزان چگالی حقیقی محاسبه شد. سپس با توجه به رابطه ی۷ میزان تخلخل(ε) نمونه به دست آمد (۱۰).

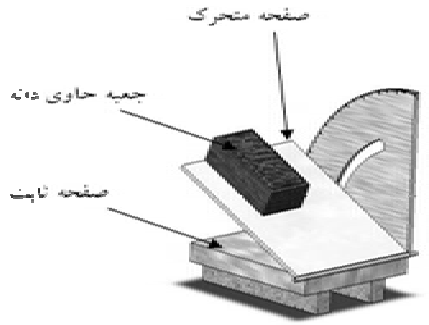
$$\rho_t = \frac{m_t}{V_t} \quad (۶)$$

$$\varepsilon = \frac{(\rho_t - \rho_b)}{\rho_t} \times 100 \quad (۷)$$

مطابق شکل۱، زاویه انبوهش با پر کردن نمونه در جعبه ای به ابعاد **mm** ۳۵×۱۴۰×۱۶۰ متصل به‌یک سطح لولادار و بالا آوردن سطح تا نقطه ی ریزش و محاسبه ی زاویه از روی نقاله متصل به آن محاسبه گردید (۱۰). برای اندازه گیری ضریب اصطکاک ایستایی (μ) طبق رابطه ۸ با اندازه گیری زاویه ای که نمونه ها روی سطح مورد آزمایش در آستانه حرکت قرار می‌گیرند ، محاسبه می‌شود. برای اندازه گیری این پارامتر، بر اساس شکل ۲، نمونه ها را درون جعبه ای آلومینیومی‌به طول **mm** ۷۵ و عمق **mm**۵۰ که با سطح تماس نداشته قرار داده ، سپس سطح با سرعت یکنواخت شروع به حرکت می‌کند. تانژانت زاویه ای که جعبه ی نمونه ی روی آن در آستانه ی شروع به حرکت قرار دارد برابر با ضریب اصطکاک ایستایی است (۱۰):

$$\mu = \tan(\alpha) \quad (۸)$$

معادلات رگرسیونی برای خواص مختلف فیزیکی به کمک برنامه ی**MS Excel 2007** به دست آمد.



شکل۱- دستگاه اندازه گیری زاویه ی انبوهش ارقام دوگانه ی عدس.

شکل۲- دستگاه اندازه گیری ضرایب اصطکاک ایستایی.

۲-۲- تعیین شاخص های شیمیایی

به منظور تعیین درصد ماده ی خشک دو واریته ی عدس ، عدس ها در دمای **C°**۱۰۵ تا رسیدن به وزن ثابت قرار گرفتند (۶). به منظور تعیین میزان خاکستر کل ، نمونه ها در یک کوره ی آزمایشگاهی در دمای **C°**۵۵۰ برای ۱۲ ساعت گذاشته شدند و پس از سوزانده شدن مواد آلی ، مواد باقی مانده به عنوان میزان خاکستر محاسبه شد (۶). نیتروژن کل با استفاده از روش کجلدال تعیین گردید و سپس با ضرب میزان نیتروژن در فاکتور ۶/۲۵ ، میزان پروتئین به دست آمد (۶). جهت محاسبه ی میزان چربی ، از روش سوکسله و حلال هگزان برای مدت ۸ ساعت استفاده شد. درجه ی تبخیر حلال ، **c**° ۷۰-۶۸ بود (۶). میزان نشاسته با توجه به روش کالریمتری و بر اساس استاندارد ۱۳-۷۶ (**AACC**) صورت پذیرفت (۱). با استفاده از اسپکتروفتومتر جذب اتمی**(Perkin-Elmer® Model2380)** پس از هضم دانه در مخلوط اسید نیتریک و اسید پرکلریدریک (**HNO3: HClO4; 4:1**) میزان غلظت عناصر معدنی موجود در عدس نظیر کلسیم ، پتاسیم ، منیزیم ، آهن ، روی ، منگنز و مس با توجه به منحنی استاندارد آن ها به دست آمد (۱۲). همچنین ، میزان فسفر با استفاده از اسپکتروفتومتر جذب نوری **(Spectronic GenesysTM 10, GENEQ)** ساخت کانادا ، در طول موج ۴۳۰ نانومتر محاسبه شد (۱۲). مقادیر به دست آمده در آزمایش های شیمیایی در نرم افزار آماری **SAS** ، با آزمون **t- student** در سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند تا تاثیر نوع رقم بر خواص شیمیایی هریک از آن ها تعیین شود.

۳- نتایج و بحث

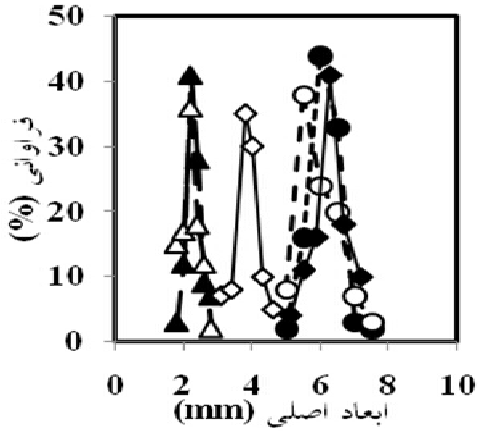
۳-۱ شاخص های فیزیکی

توزیع فراوانی ابعاد محوری دو رقم عدس (سبز و قرمز) ، در رطوبت اولیه ۹/۵٪ (بر پایه ی تر) در شکل ۳ آمده است. بر این اساس ، به ترتیب ۹۳ و ۸۲٪ طول عدس سبز و قرمز در دامنه ی ۶/۵-۵/۵ میلی متر، ۹۰ و ۸۳٪ ضخامت عدس سبز و قرمز در محدوده ی ۲/۶-۲ میلی متر ، ۸۶٪ عرض عدس سبز در دامنه ی ۶/۷-۵/۵ میلی متر و ۸۳٪ عرض عدس قرمز در دامنه ی ۴/۳-۳/۴ میلی متر قرار دارد. جدول ۱، مقادیر به دست آمده برای شاخص های فیزیکی دو رقم عدس (سبز و قرمز) ، مانند قطر هندسی و حسابی ، وزن هزار دانه ، مساحت ، کرویت ، دانسیته ی توده ، دانسیته ی حقیقی ، تخلخل ، زاویه ی انبوهش و ضرایب اصطکاک ایستایی در سطوح مختلف در دامنه رطوبتی ۲۱/۱-۹/۵ ٪ (بر پایه ی تر) را نشان می‌دهد. همچنین این جدول ، روابط مابین این شاخص‌ها با محتوای رطوبتی را با ارائه ی ضریب همبستگی

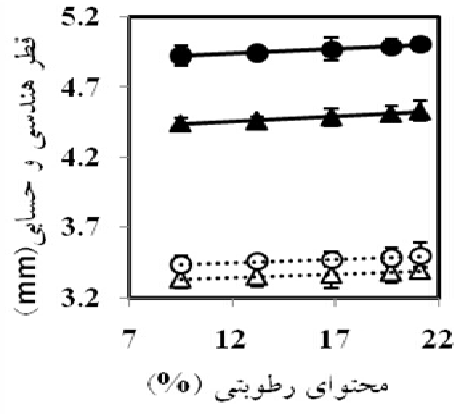
آن‌ها نمایان می‌سازد. بر اساس این ، تمامی شاخص‌های مذکور برای هر دو رقم عدس در دامنه ی رطوبتی ۲۱/۱-۹/۵ ٪ (بر پایه ی تر) به استثنای دانسیته ی توده و دانسیته ی حقیقی افزایش یافتند (شکل‌های ۱۲-۴).

جدول ۱- روابط مابین محتوای رطوبتی دو رقم عدس با ویژگی های فیزیکی آن در دامنه ی رطوبتی مورد بررسی

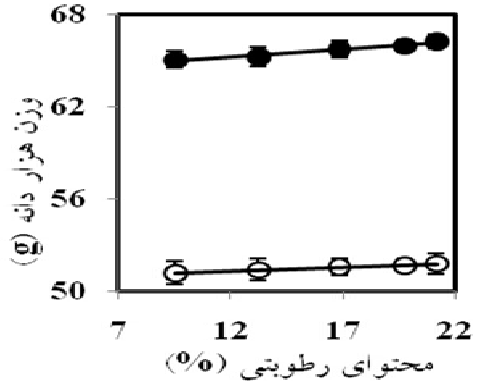
شاخص				رقم			
سبز				قرمز			
	رطوبت اولیه	رطوبت نهایی	روابط	R^2	رطوبت اولیه	رطوبت نهایی	روابط	R^2
D_a	۴/۹۳	۵/۰۱	D_a = 0.005 Mc +3.283	۰/۹۸۶	۳/۴۴	۳/۵۰	D_a = 0.004 Mc +3.393	۰/۹۸۶
D_g	۴/۴۴	۴/۵۳	D_g =0.006 Mc +4.863	۰/۹۸۸	۳/۳۳	۳/۳۹	D_g =0.007 Mc +4.366	۰/۹۷۱
S	۶۲/۰۲	۶۴/۵۷	S=0.215 Mc +59.82	۰/۹۷۰	۳۴/۸۴	۳۶/۱۵	S=0.106 Mc +33.83	۰/۹۸۶
ϕ	۶۹/۸۸	۷۰/۴۱	ϕ =0.046 Mc +69.37	۰/۸۶۴	۸۱/۸۵	۸۲/۱۶	ϕ =0.031 Mc +81.55	۰/۹۱۶
ρ_b	۸۱۲/۳	۷۱۵/۳	ρ_b =901.7-8.726 Mc	۰/۹۸۰	۸۲۲/۲	۷۱۸/۵	ρ_b =907.9-8.812 Mc	۰/۹۸۷
ρ_t	۱۳۰۸	۱۲۱۰	ρ_t = 1392 -7.025 Mc	۰/۹۸۶	۱۳۲۰	۱۲۲۳	ρ_t = 1368 -6.292 Mc	۰/۹۵۴
ε	۳۷/۸۹	۴۱/۸۹	ε=0.389 Mc+33.71	۰/۹۳۵	۳۷/۷۱	۴۱/۸۶	ε=0.358 Mc+34.36	۰/۹۹۳
W_{1000}	۶۵/۱	۶۶/۳	W_{1000}=0.102Mc+64.05	۰/۹۶۵	۵۱/۲	۵۱/۸	W_{1000}=0.050Mc+50.72	۰/۹۹۴
α	۲۵/۶۵	۲۶/۸۴	α = 0.099Mc+24.81	۰/۹۴۳	۲۷/۱۲	۲۷/۹۱	α = 0.063Mc+26.49	۰/۹۶۷
μ_{ms}	۰/۳۱۰	۰/۳۲۷	μ_{ms}= 0.000Mc+0.316	۰/۹۴۶	۰/۳۲۴	۰/۳۳۹	μ_{ms}= 0.001Mc+0.310	۰/۹۲۱
μ_p	۰/۲۱۲	۰/۲۲۷	μ_p= 0.001Mc+0.197	۰/۹۱۴	۰/۲۸۶	۰/۲۹۸	μ_p= 0.001Mc+0.275	۰/۹۸۲
μ_g	۰/۲۲۷	۰/۲۳۴	μ_g =0.000Mc+0.22	۰/۹۴۶	۰/۲۳۶	۰/۲۴۵	μ_g =0.000Mc+0.228	۰/۹۶۳



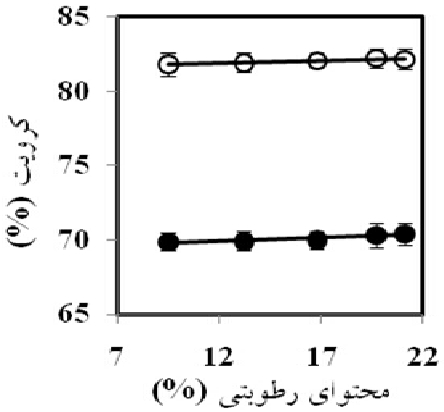
شکل ۳- توزیع فراوانی ابعاد محوری دو رقم عدس در رطوبت ۹/۵٪ بر پایه ی تر.
(سبز: ● طول، ▲ : ضخامت، عرض: ♦) (قرمز: ○ طول، Δ: ضخامت، عرض: ◊)



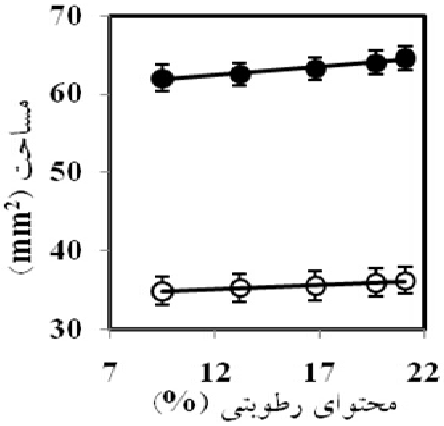
شکل۴- اثر محتوای رطوبتی بر میزان قطر حسابی و هندسی دو رقم عدس
(قطر حسابی سبز: ● قرمز: ○؛ قطر هندسی قرمز: ▲ قرمز: Δ).



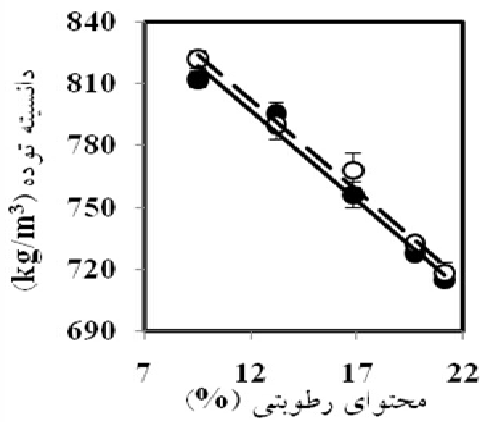
شکل۵- اثر محتوای رطوبتی بر میزان وزن هزار دانه بر میزان دانسیته ی حقیقی دو رقم عدس (سبز: ● قرمز: ○).



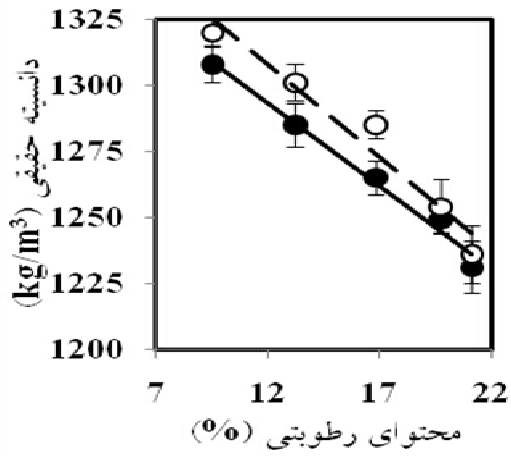
شکل۶- اثر محتوای رطوبتی بر میزان شاخص کرویت (سبز: ● قرمز: ○).



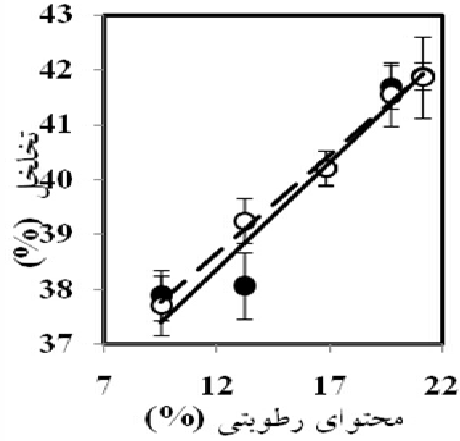
شکل ۷- اثر محتوای رطوبتی بر میزان مساحت سطح(سبز: ● قرمز: ○).



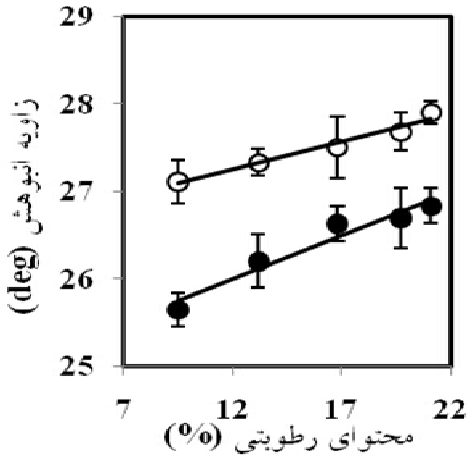
شکل ۸- اثر محتوای رطوبتی بر دانسیته ی توده دو رقم عدس (سبز: ● قرمز: ○).



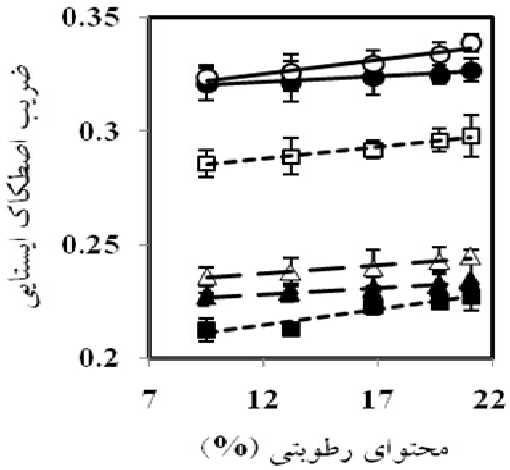
شکل ۹- اثر محتوای رطوبتی بر دانسیته ی حقیقی دو رقم عدس (سبز: ● قرمز: ○).



شکل ۱۰- اثر محتوای رطوبتی بر میزان تخلخل دو رقم عدس (سبز: ● قرمز: ○).



شکل ۱۱- اثر محتوای رطوبتی بر زاویه ی انبوهش دو رقم عدس (سبز: ● قرمز: ○).



شکل ۱۲- اثر محتوای رطوبتی بر ضریب اصطکاک ایستایی دو رقم عدس

[سبز: ● قرمز: ○(استیل); سبز: ▲ قرمز: Δ (شیشه); سبز: ● قرمز: ○(چوب)]

روند کلی این نتایج قبلاً توسط امین و همکاران (۲۰۰۴) برای نوعی عدس مشخص شده است (۵). با توجه به‌یافته های حاصل ، میانگین قطر حسابی عدس قرمز و سبز با افزایش رطوبت در دامنه رطوبتی۲۱/۱-۹/۵ ٪ (بر پایه ی تر) ، به ترتیب از ۳/۴۴ تا ۳/۵ و ۴/۹۳ تا ۵/۰۱ میلی متر افزایش یافت. همچنین ، قطر هندسی عدس قرمز و سبز با افزایش رطوبت در این دامنه به ترتیب از ۳/۳۳ تا ۳/۳۹ و ۴/۹۳ تا۵/۰۱ میلی‌متر افزایش یافت. افزایش در ابعاد محوری با افزایش محتوای رطوبتی، به انبساط یا تورم دانه ها در اثر جذب آب در فضاهای بین سلولی نسبت داده می‌شود (۹). جذب رطوبت توسط هر دو رقم عدس ، منجر به افزایش وزن هزار دانه آن ها با افزایش محتوای رطوبتی شده است ، به طوری که این شاخص برای نوع قرمز از ۵۱/۲ تا ۵۱/۸ گرم و برای نوع سبز از ۶۵/۱ تا ۶۶/۳ گرم افزایش یافت. میزان افزایش شاخص کرویت با افزایش محتوای رطوبتی به ترتیب برای عدس قرمز و سبز برابر با ۰/۷۵ و ۰/۳۷٪ ارزیابی شد. این در حالی بود که رقم قرمز از کرویت بالاتری نسبت به عدس سبز برخوردار بود. افزایش شاخص کرویت ، به دلیل افزایش در ابعاد اصلی دانه‌های عدس با افزایش محتوای رطوبتی و بنا به رابطه ی۴ قابل توجیه می‌باشد(۴). همچنین ، با توجه به افزایش ابعاد اصلی دانه‌های عدس با افزایش رطوبت و در نتیجه ی افزایش قطر هندسی ، بنا به رابطه ی ۵ ، افزایش مساحت سطح دور از انتظار نمی‌باشد. این افزایش برای نوع قرمز ۳/۷۶٪ و برای نوع سبز ۴/۱۱٪ ارزیابی شد.

کاهش در دانسیته ی توده با افزایش محتوای رطوبتی نشان می‌دهد که افزایش جرم دانه‌های عدس در نتیجه ی جذب رطوبت ، کم تر از انبساط حجمی توده ی دانه با افزایش رطوبت است. همچنین ، کاهش در دانسیته ی حقیقی با افزایش رطوبت به حجم حقیقی بیش تر دانه ی عدس در مقایسه با جرم متناظر آن به دلیل جذب آب نسبت داده می‌شود. درصد کاهش دانسیته ی حقیقی برای نوع قرمز ۷/۳۴٪ و برای نوع سبز ۷/۴۹٪ ارزیابی شد. این در حالی است که میزان کاهش در دانسیته ی توده با افزایش محتوای رطوبتی به ترتیب برای عدس قرمز و سبز ۱۲/۶۱ و ۱۱/۹۴٪ به دست آمد. بنابراین ، با توجه به رابطه ی ۷ ، افزایش تخلخل دانه‌های عدس قابل توجیه است (۱۱) . زاویه ی انبوهش ، برترین شاخص در طراحی دهانه ی ناودان‌های تخلیه کننده ی مواد اولیه ، تعیین شیب دیواره‌های کناری سیلوها و مجراهای خروجی انتقال دهنده‌های حجیم میوه ها و دانه ها می‌باشد. به نظر می‌رسد در رطوبت‌های بالاتر، دانه‌های عدس تمایل بیش تری به چسبیدن با یکدیگر داشته که این امر منجر به اثر شکل‌پذیری و چسبندگی آن ها با سطح شده و بدین ترتیب پایداری بهتر و جریان‌پذیری کم تری را فراهم نموده است. به همین دلیل این شاخص با افزایش محتوای رطوبتی افزایش یافت (۴). این میزان برای نوع قرمز ، ۲/۹۱٪ و برای نوع سبز ، ۴/۶۳٪ بود.

ضریب‌های اصطکاک ایستایی برای هر دو رقم عدس در تمامی سطوح مورد مطالعه افزایش یافت. بیش ترین ضریب اصطکاک ایستایی مربوط به سطح استیل و کم ترین آن مربوط به چوب چند لایه بود. درصد افزایش ضرایب اصطکاک

ایستایی برای عدس قرمز در مقابل سطوح شیشه ، چوب چند لایه و استیل به ترتیب برابر با۳/۸۱، ۴/۱۹ و۴۶/۲٪ بود. همچنین ، این مقادیر برای عدس سبز به ترتیب در همان سطوح ۳/۰۸، ۶/۸۲ و۰/۹۱٪ بود. بنابراین ، با توجه به این نتایج می‌توان گفت افزایش رطوبت بیش ترین اثر را بر سطح استیل برای رقم قرمز داشته است. افزایش این شاخص با افزایش رطوبت، به چسبندگی بیش تر مابین دانه‌ها و سطوح مورد بررسی نسبت داده می‌شود (۴).

۳-۲- ویژگی‌های تغذیه‌ای

جدول ۲، برخی از ترکیبات موجود در ارقام دوگانه ی عدس را نشان می‌دهد. بر طبق این جدول ، میزان خاکستر، چربی خام ، پروتئین خام و نشاسته ی رقم قرمز به ترتیب برابر با ۳/۶۲، ۲/۷، ۲۵/۹ و ۴۰/۵۱٪ بود. در حالی که این مقادیر برای رقم سبز به ترتیب برابر با ۳/۴۱، ۲/۵، ۲۶/۳ و ۴۴/۱۲٪ ارزیابی شد. بررسی آماری نشان می‌دهد که دو رقم در مقادیر خاکستر و نشاسته تفاوت معنی داری در سطح ۵٪ دارند، اما در میزان چربی و پروتئین آن ها تفاوت معنی داری مشاهده نشد. بیش ترین عنصر معدنی در هر دو رقم عدس ، پتاسیم بود و بعد ازآن ، فسفر و کلسیم سهم بیش تری از ترکیبات معدنی را به خود اختصاص دادند. میانگین مقادیر پتاسیم، فسفر و کلسیم در رقم سبز به ترتیب برابر با ۹۷۸، ۳۰۹ و ۱۶۸ میلی گرم بر صد گرم ماده خشک بود، در حلیک این میزان در رقم قرمز به ترتیب برابر با ۱۰۲۴، ۳۴۱ و ۱۷۰ میلی گرم بر صد گرم ماده خشک ارزیابی شد.

تجزیه آماری نشان داد که دو رقم عدس در مقادیر پتاسیم ، سدیم ، منیزیم ، فسفر و مس تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ داشتند ، در حالی که میان کلسیم ، منگنز، آهن و روی دو رقم ، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. نتایج سایر مقادیر تعیین شده عناصر معدنی برای دو رقم به همراه سطوح معنی‌دار آن ها در جدول ۳ آمده است. علت تفاوت در مقادیر ترکیبات شیمیایی و عناصر معدنی موجود در دو رقم را می‌توان به تفاوت در نوع رقم ، محل جغرافیایی ، آب و هوا و تیمارهایی چون اضافه کردن کود در طی دوره ی رشد گیاه دانست.

همچنین این تفاوت را می‌توان به تفاوت در میزان رسیدگی دانه در زمان برداشت، نحوه نگه داری و حمل و نقل نسبت داد نتایج این تحقیق با نتایج وانگ و داون (۲۰۰۶) مشابهت زیادی داشت (۱۶).

جدول۲- بعضی از ترکیبات شیمیایی تشکیل دهنده ی دو رقم عدس مورد بررسی [a].

عناصر معدنی		رقم	سطح معنی دار	
سبز			قرمز	
کلسیم	۱۶۸±۶/۲۴		۱۷۰/۳±۸/۲	ns
سدیم	۸۱±۴/۰۶		۶۵±۰/۴۴	*
پتاسیم	۹۷۸±۱۰/۴۳		۱۰۲۴±۰/۴۴	*
منیزیم	۵/۲±۰/۳۸		۴/۶۲±۰/۶۶	*
منگنز	۱/۴±۰/۱۶		۱/۶۲±۰/۲۱	ns
فسفر	۳۰۹±۱۰/۷۵		۳۴۱±۱۱/۴	*
آهن	۷/۳±۰/۳۷		۶/۶±۰/۳۵	ns
روی	۴/۳±۰/۳۵		۴/۲±۰/۱۱	ns
مس	۶/۱۲±۰/۴۴		۴/۶۲±۰/۲۳	*

[a]همه آزمایش ها در سه تکرار و به صورت میانگین± خطای استاندارد بیان شده است (بر حسب درصد ماده خشک).
ns ,* به ترتیب نشان دهنده ی غیر معنی دار و معنی دار در سطح ۵٪ می‌باشد.

جدول ۳- مقادیر اندازه گیری شده ی عناصر معدنی موجود در دورقم عدس مورد بررسی[a].

ترکیبات شیمیایی	رقم		سطح معنی دار
	سبز	قرمز	
خاکستر	۳/۴۱±۰/۰۶	۳/۶۲±۰/۴۴	*
چربی خام	۲/۵±۰/۷۳	۲/۷±۰/۳۱	ns
پروتئین خام	۲۶/۳±۰/۷۵	۲۵/۹±۰/۱۴	ns
نشاسته	۴۴/۱۲±۱/۲۲	۴۰/۵۱±۱/۰۶	*

[a]همه آزمایش هادر سه تکرار و به صورت میانگین ± خطای استاندارد بیان شده است . (میلی گرم بر ۱۰۰ گرم ماده خشک)
ns ,* به ترتیب نشان دهنده ی غیر معنی دار و معنی دار در سطح ۵٪ می‌باشد.

۴- نتیجه‌گیری

در این بررسی خواص فیزیکی و تغذیه‌ای در رقم عدس (قرمز و سبز) در دامنه ی رطوبتی ۲۱/۱-۹/۵٪ برپایه ی خشک مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج کلی به صورت زیر به دست آمد :

(۱) تمامی شاخص های فیزیکی دو رقم مورد بررسی در این مطالعه در دامنه ی رطوبتی فوق به استثنای دانسیته ی توده و حقیقی افزایش یافتند.

(۲) ارزیابی آزمون شیمیایی نشان داد که میزان خاکستر، نشاسته و عناصر سدیم ، پتاسیم ، منیزیم ، فسفر و مس در دو رقم تفاوت معنی‌داری داشتند. در حالی که سایر شاخص‌های شیمیایی از لحاظ آماری ، تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند.

۵- منابع

1-AACC. 2000. American Association of Cereal Chemists. Approved Methods of the AACC, (10th ed.). Methods 44-15A, 76-13, and 08-16. St. Paul, MN: The Association.

Lentils: Situation and outlook. Bi-weekly Bulletin. Agriculture and Agri-Food Canada .2006.2-AAFC

Utilisation of phytochemicals against stored product insets. . 2000.3-Adler, C., Ojimelukwe, P., Tapondjou, A.L Integrated Protection of Stored Product, IOBC Bulletin 23, pp 169–175.

4-Altuntas, E., Ozgoz, E., and Taser, O. F. 2005. Some physical properties of fenugreek (Trigonella foenum-graceum L.) seeds. J. Food Eng. 71: 37–43.

5-Amin, M. N., Hossain, M. A., Roy, K. C. 2004. Effects of moisture content on some physical properties of lentil seeds. J. Food Eng. 65: 83–87.

6-AOAC, 1990. Official methods of analyses. Association of Official Analytical Chemists: Washington, DC.

7-Aydin, C., Ogut, H., and Konak, M. 2002. Some physical properties of Turkish Mahaleb. Biosystems Engineering 82: 231–234.

8-Balasubramanian, D., 2001. Physical properties of raw cashew nut. J. Agric. Eng. Res. 78: 291–297.

9-Cagatay-Selvi, K., Pinar, Y., and Yesiloglu, E. 2006. Some Physical Properties of Linseed. Biosyst. Eng. 95: 607-612.

10-Ghasemi, M., Mobli, H., Jafari, A., Keyhani, A. R., Soltanabadi, M. H., Rafiee, S., et al. 2008. Some physical properties of rough rice (Oryza Sativa L.) grain. J. Cereal Sci. 47: 496-501.

11-Gupta R.K., and Das, S.K. 1997. Physical properties of sunflower seeds. J. Agric. Eng. Res. 61: 1–8.

12-Kabas, O., Yilmaz, E., Ozmerzi, A., and Akinci, I. 2007. Some physical and nutritional properties of cowpea seed (Vigna sinensis L.). J. Food Eng. 79:1405-1409.

13-Mohsenin, N. N. 1986. Physical Properties of Plants and Animal Materials. Gordon and Breach Sci. Publ., New York.

14-Wang, N., and Daun, J. K. 2006. Effects of variety and crude protein content on nutrients and anti-nutrients in lentils (Lens culinaris). Food Chem. 95: 493–502.

علائم			
رطوبت نهایی نمونه(%d.b)	Mf	دانسیته توده (Kg/m3)	ρ_b
رطوبت اولیه نمونه (%d.b)	Mi	دانسیته حقیقی (Kg/m3)	ρ_t
جرم اولیه نمونه (kg)	Wi	وزن هزار دانه (g)	W1000
جرم آب اضافه شده (kg)	Q	تخلخل (%)	ε
قطر حسابی (mm)	D_a	زاویه انبوهش (deg)	α
قطر هندسی (mm)	D_g	ضریب اصطکاک ایستایی (استیل)	μms
مساحت (mm2)	S	ضریب اصطکاک ایستایی (شیشه)	μp
کرویت (%)	ϕ	ضریب اصطکاک ایستایی (ورق آهن گالوانیزه)	μg