ارزیابی نرخ خشک کردن یونجه ساقه کوبی شده

مریم دانا [۱]، پرویز احمدی مقدم [۲،*]، عادل رضوانی وند فنائی [۳]

۱. گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه ارومیه (St_m.dana@urmia.ac.ir)
۲. گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه ارومیه (p.ahmadi@urmia.ac.ir)
۳. گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه ارومیه (a.rezvanivand@urmia.ac.ir)

چکیده

برای خشک شدن یکنواخت برگ و ساقه، بایستی حدالامکان سطح رطوبت برگ و ساقه مقدار نسبتاً یکسانی داشته باشند. در این مطالعه به منظور بررسی یکنواختی خشک شدن یونجه، آزمایشات شامل ۴ دسته به نام های دسته شاهد، دسته با ۳ ضربه، دسته با ۸ ضربه و دسته با ۱۳ ضربه و شامل ۶ نمونه ۵۰ گرمی مورد بررسی قرار گرفتند. ایتدا مقدار ماده خشک یونجه با استفاده از قرار دادن محصول در دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد و به مدت ۲۴ ساعت بدست آمد. سپس در ادامه تمامی نمونه‌ها بصورت روزانه و در فواصل زمانی ۲ ساعت یکبار وزن می‌شدند. نتایج نشان داد که حالت ۱۳ ضربه بیشترین مقدار نرخ از دست دادن رطوبت و حالت شاهد (بدون ضربه) کمترین مقدار را دارا است که نشان دهنده تاثیر رطوبت موجود در ساقه برای رطوبت نهایی محصول است.

کلمات کلیدی: *ماده خشک؛ ساقه کوبی؛ گیاه یونجه؛ محتوای رطوبتی؛ خشک شدن*

*نویسنده مسئول: p.ahmadi@urmia.ac.ir

ارزیابی نرخ خشک کردن یونجه ساقه کوبی شده

مقدمه

یونجه با اسم علمی *medicago sativa* با توجه به وجود تنوع اقلیمی در مناطق مختلف کشور کشت می‌شود. این گیاه به خانواده لگومینوز۱ متعلق بوده و به دلیل غنی بودن از نظر پروتئین، کلسیم و ویتامین و نیز به دلیل خوش‌خوراک بودن و درصد سلولز، در ردیف بهترین گیاهان علوفه‌ای قرار دارد. علاوه بر ارزش غذایی، اهمیت یونجه به خاطر تاثیر مهمی که در اصلاح زمین زراعی از راه تهویه زمین، تناوب، زه‌کشی و افزایش مواد آلی و ازت خاک دارد [۱].

با توجه به روند رو به افزایش جمعیت در دنیا و اهمیت و ارزش تامین پروتئین حیوانی و نیاز روزافزون به فرآورده‌های دامی، توسعه صنعت دامپروری از اهمیت بالایی برخوردار بوده و در این رابطه تامین خوراک دام مسئله حیاتی است. در این راستا یونجه به عنوان ملکه گیاهان علوفه‌ای از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. یونجه با داشتن عملکرد مناسب در واحد سطح وخوش‌خوراکی بسیار مطلوب به عنوان یک ماده تامین کننده پروتئین، مواد معدنی، ویتامین A و عوامل رشد، جایگاه ویژه‌ای در تغذیه دام و صنعت دامپروری دارد. یکی از مراحل مهم در زراعت یونجه، برداشت آن بوده و تلفات در این مرحله یکی از دغدغه‌های عمده کشاورزان است. متاسفانه بیش‌ترین تلفات در زمان برداشت، مربوط به بخش سودمند گیاه یعنی برگ آن می‌باشد [۱].

نرخ خشک شدن علوفه تحت تاثیر عواملی همچون مشخصات گیاه، شرایط آب و هوایی و نحوه برداشت قرار دارد. به علت تفاوت‌های فیزیولوژیکی هندسی بین ساقه و برگ، برگ با سرعت بیش‌تری نسبت به ساقه خشک می‌شود. برای افزایش نرخ خشک شدن ساقه می‌توان از روش‌های مختلف مکانیکی که با جابجا کردن، خراش، له کردن یا شکستن ساقه راهی برای خروج رطوبت فراهم می کنند، استفاده کرد و یا از روش‌های شیمیایی مثل پاشیدن محلول کربنات پتاسیم در جلوی دروگر درست قبل از درو و یا به طور همزمان استفاده نمود. بسته به روش اتخاذ شده، نرخ خشک شدن علوفه و متعاقب آن متغیرهایی نظیر تلفات، میزان پروتئین، رطوبت و ...، علوفه تحت تاثیر قرار می‌گیرد [۱].

در یونجه به واسطه حساسیت موجود در مورد خشک شدن یکنواخت برگ و ساقه، بایستی حدالامکان سطح رطوبت برگ و ساقه مقدار نسبتاً یکسانی داشته باشند. دلیل این الزام این است که اگر زمان رسیدن رطوبت ساقه به سطح دلخواه زمان داده شود، به واسطه خشک شدن بیش از حد برگ یونجه افزایش شدید تلفات را شاهد خواهیم بود. در نقطه مقابل، در صورتی که ساقه رطوبت بالایی داشته باشد و خشک شدن برگ ملاک باشد در این صورت به واسطه رطوبت بالای ساقه، احتمال فساد محصول بسته بندی شده بالا خواهد بود. لذا بایستی ترتیبی اتخاذ گردد که سطوح رطوبتی ساقه و برگ نزدیک به یکدیگر و نزدیک به شرایط رطوبتی استاندارد (۱۴ تا ۱۶ درصد) باشند [۴].

در مطالعه ای که توسط روتز و چن (۱۹۸۵) انجام شد، مدل خشک کردن یونجه برای شرایط مزرعه ای استخراج گردید. نرخ خشک شدن یونجه بین محتوای ۸۰ و ۲۰ درصد بر پایه تر اندازه گیری شد. از همبستگی خطی برای تعیین فاکتورهای محیطی نرخ خشک شدن استفاده شد و رگرسیون غیر خطی برای توسعه یک مدل عملی برای نرخ خشک شدن به عنوان تابعی از محیط استفاده گردید [۲].

در مطالعه دیگری فضلی و یزدی صمدی (۱۳۶۸) برای شناسایی رقم‌های یونجه و تعیین منابع ژنتیکی مسبب بروز صفات کیفی و زارعی، ۶۴ رقم یونجه داخلی و خارجی در قالب طرح آزمایشی مربع لاتیس جزئی را مورد ارزیابی قرار دادند و صفات عملکردی (وزن تر)، درصد پروتئین، تاریخ ظهور ۵۰ درصد گل‌ها در چین دوم، وضع رشد پائیزه، ارتفاع ۵ بوته و درصد خاکستر به تفاوت در چین‌ها و سال‌های مختلف اندازه‌گیری نمودند. بررسی نتایج بدست آمده نشان داد که ارقام یونجه مورد بررسی از نظر صفات با هم تفاوت معنی-داری دارند [۳].

پاتیل و همکاران (۱۹۹۳) یونجه تازه برش داده شده (با محتوای رطوبتی ۶۵ تا ۸۰ درصد) و یونجه بریده و پژمرده شده را بصورت مکانیکی و شیمیایی تیمار داده و سپس در یک خشک کن لایه نازک خشک نمودند. ساقه‌های خرد شده بین صطوح نرم و صاف و یا بین دو غلتک شیاردار طولی سه برابر سریع‌تر از ساقه‌های فشرده خشک شدند. از نظر سطوح رطوبتی، نرخ خشک شدن برگ ها دو برابر سریع تر از ساقه های خرد شده و چهار برابر سریع‌تر از ساقه‌های خرد شده بود [۴].

همچنین در مطالعه‌ای که توسط فاسینا و سخن رنج (۲۰۰۷) انجام شد، نویسندگان مدل سازی خنک کاری حجمی پلت های یونجه را مورد مطالعه قرار دادند. در مدل بدست آمده از معادلات جرم و حرارت توزیع شده برای توصیف دما و رطوبت پلت ها استفاده شد. کوپل فرآیندهای انتقال جرم و حرارت در سطح پلت‌ها با استفاده از شرایط تبخیر سطحی انجام گردید. مدل برای اعتبارسنجی داده‌های آژمایشگاهی مزرعه‌ای از یک کولر دو دسته جریان متقابل استفاده کرد [۵].

فرهنگ و همکاران (۲۰۱۰) خشک کردن تسریع شدهٔ یونجه به وسیله خشک کن مایکروویو را مورد مطالعه قرار دادند. آن ها یک آون مایکروویو آزمایشگاهی را برای خشک کردن یونجه با اعمال توان مایکروویو در پنج سطح ۱۸۰، ۳۶۰، ۵۴۰، ۷۲۰ و ۹۰۰ وات استفاده کردند. نرخ خشک شدن یونجه حاوی هیچ تناوب ثابتی نبود، اما یک تناوب کاهشی را نشان داد. فیت کردن داده های تجربی با سه مدل لوئیس[1]، هندرسون- پابیس[2] و وانگ- سینگ[3] نشان داد که منحنی‌های خشک شدن به وسیله مدل وانگ-سینگ، بهتر توصیف شدند. همچنین نفوذ رطوبت موثر با استفاده از حل تحلیلی قانون فیک[4] تخمین زده شد [۶].

چه و همکاران (۲۰۱۵) شبیه سازی سینماتیکی و مطالعه تجربی بر روی جریان هوای چرخشی برای خشک کردن یونجه را مطالعه نمودند. آن‌ها یک مدل آیرودینامیکی برای بخش‌های یونجه بر اساس نتایج تجربی چرخش یونجه در جریان هوا ایجاد کردند. در این مطالعه، نویسندگان تاثیر سرعت جریان هوای خشک، سرعت اولیه و زاویه جریان هوا را بررسی کردند. از نرم افزار متلب برای بهینه سازی تک هدفه برای صحت گذاری تجربی استفاده شد. پارامترهای خشک کردن بهینه بر اساس شبیه سازی مطالعه خشک شدن یونجه و نتایج تجربی مشخص شد [۷].

سیلس و همکاران (۲۰۱۵) مدل‌سازی همزمان محتوای رطوبتی و دما را برای سینتیک خشک کردن یونجه انجام دادند. مدل سینتیکی برای شبیه سازی تبادل بین یونجه و هوای محیط و تغییرات دمای داخل زیرلایه ها نسبت به زمان به صورت هم زمان طراحی شد. مدل به ترتیب ۹۴/۴ درصد و ۷۰/۱ درصد برای نتایج تجربی رطوبت بدست آمده برای ساقه و برگ‌ها، با باند خطای ۱۵ درصد ایجاد نمود. علاوه بر این ، ۹۵٪ از نتایج تجربی مربوط به تغییر دما در داخل ساقه با زمان شبیه سازی شدند. مدل جنبشی ایجاد شده می تواند یک ابزار مفید برای طراحی دستگاه خشک کن بر اساس شواهد علمی باشد [۸].

ابولتینس و کیچ (۲۰۱۸) تاثیر سرعت هوا را روی دینامیک خشک کردن یونجه بررسی کردند. مطالعه آن‌ها شامل تفسیرهای تئوری و تجربی خشک شدن یونجه بوسیله انتقال حرارت جابجائی اجباری بود. این مطالعه بر روی صحت گذاری تاثیر سرعت های مختلف هوا بر روی فرآیند خشک شدن یونجه در دمای ملائم (۲۲ درجه سانتیگراد) و رطوبت نسبی هوای نسبتاً بالایی انجام شد. تغییرات رطوبت نمونه-های یونجه برای مقادیر اندازه گیری شده وزنی با استفاده از روش وزن سنجی تعیین شد [۹].

با توجه به آمار بالای تلفات بسته‌بندی محصولات خشک شده علوفه‌ای بدلیل اختلاف زمان مورد نیاز برای خشک کردن بخش‌های مختلف آن، اعم از برگ (زمان کمتر) و ساقه (زمان بیشتر)، معمولاً باعث ایجاد مشکل در امر بسته‌بندی می‌شود. به این صورت که اگر محصول براساس خشک شدن برگ و سطح رطوبت بالای ساقه بسته‌بندی گردد، محتوای رطوبتی بالا سبب فساد محصول شده و کیفیت

[1] Lewis
[2] Henderson - Pabis
[3] Wang - Singh
[4] Fick's law

آن را کاهش خواهد داد. در نقطه مقابل اگر محصول برمبنای رطوبت ساقه بسته‌بندی شود، محتوای خشک برگ (با سطح رطوبت بسیار پایین به خاطر سطح بالای تعرق آن) باعث افزایش تلفات محصول به هنگام بسته‌بندی خواهد شد. لذا یک بررسی جامع در مورد می‌تواند بسیار مفید باشد.

همچنین با مطالعه منابع بدست آمد که پروتئین موجود در یونجه حساسیت بسیار بالایی به گرمادهی دارد. نتایج تحقیقات نشان داد که حلالیت پروتئین تا ۱۵۰ درجه برای برگ ها و ۱۰۰ درجه برای ساقه کاهش پیدا نمی‌کند. خسارت بر پروتئین بعد از ۱۵۰ درجه سلسیوس برای ساقه و بعد از ۲۰۰ درجه سلسیوس برای برگ‌ها چشمگیر است. از این رو تصمیم گرفته شد که در این مطالعه خشک کردن یونجه در راستای حفظ محتوای پروتئینی محصول، بدون اعمال حرارت دهی (استفاده از خشک کن) انجام بپذیرد.

مواد و روش‌ها

برای انجام آزمایش‌های مربوطه، نمونه‌ها به ۴ گروه، شامل گروه شاهد، گروه با ۳ ضربه، گروه با ۸ ضربه و گروه با ۱۳ ضربه دسته‌بندی شدند. هر دسته شامل ۶ نمونه ۵۰ گرمی بودند که برای اندازه گیری ویژگی‌های مختلف محصول در روزهای مختلف مورد استفاده قرار می گرفتند.

شکل ۱- دسته بندی‌های مختلف برای محصول یونجه

برای بدست آوردن مقدار ماده خشک محصول (محصول بدون رطوبت) ۲ نمونه از محصول طبق استاندارد، در آون تحت دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد و مدت زمان ۲۴ ساعت خشک شدند (شکل ۱). سپس محصول خشک شده وزن گردید و مقدار ماده خشک آن طبق رابطه ۱ بدست آمد:

$$D_p = W_w + P - (W_d + P) = W_w - W_d \quad (1)$$

که در آن D_p وزن ماده خشک، W_w وزن نمونه تر قبل از قرار دادن در آون، P وزن صفحه و W_d وزن نمونه خشک بعد از قرار دادن در آون است. برای رقم یونجه مورد آزمایش مقدار ماده خشک آن ۱۹/۹۶ درصد بدست آمد که نشان دهنده مقدار رطوبت ۸۰/۰۴ درصدی برای محصول اولیه است (شکل ۲).

جدول ۱- تقسیم بندی گروه بندی ها به همراه مقدار وزنی آن‌ها

گروه‌بندی‌های انجام شده	مقدار (گرم)
گروه شاهد (Sh1- Sh2- Sh3 -Sh4- Sh5- Sh6)	۵۰
گروه ۳ ضربه 3impact1- 3impact2- 3impact3- 3impact4- 3impact5- 3impact6-	۵۰
گروه ۸ ضربه 8impact1- 8impact2-8impact3- 8impact4- 8impact5- 8impact6-	۵۰
گروه ۱۳ ضربه 13impact1- 13impact2- 13impact3- 13impact4- 13impact5- 13impact6	۵۰

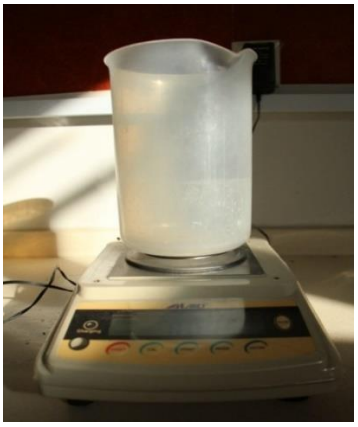
الف

(ب)

شکل ۲- الف) قرار دادن محصول در داخل آون به منظور بدست آوردن مقدار ماده خشک؛ ب) محصول کاملاً خشک شده

در ادامه تمامی نمونه‌ها به صورت روزانه و در فواصل زمانی ۲ ساعت با استفاده از ترازوی با دقت ۰۰۱/ گرم وزن شده و سپس بر اساس اختلاف وزن با حالت پایه، مقدار رطوبت محصول مورد بررسی استخراج گردید. ابتدا ظرف مشخص بر روی ترازو قرار گرفت و سپس ترازو برای آن حالت کالیبره شد تا مقدار نشان داده شده توسط نمایشگر ترازو دقیقاً وزن اندازه گیری شده محصول یونجه باشد (شکل ۳).

(ب)



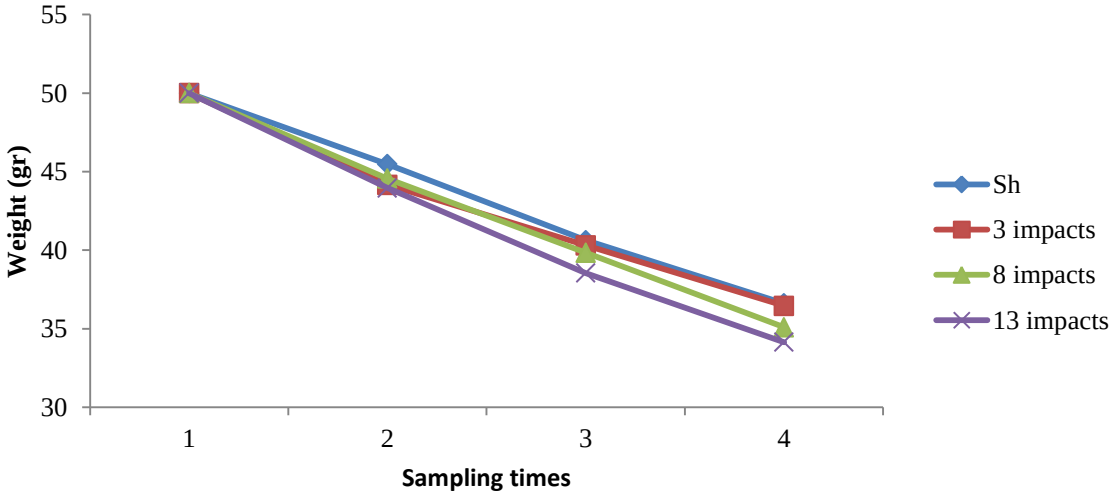
(الف)

شکل ۳- الف: کالیبره کردن دستگاه برای اندازه‌گیری وزن؛ ب: وزن محصول براساس دسته‌بندی‌های مختلف

تحلیل نتایج

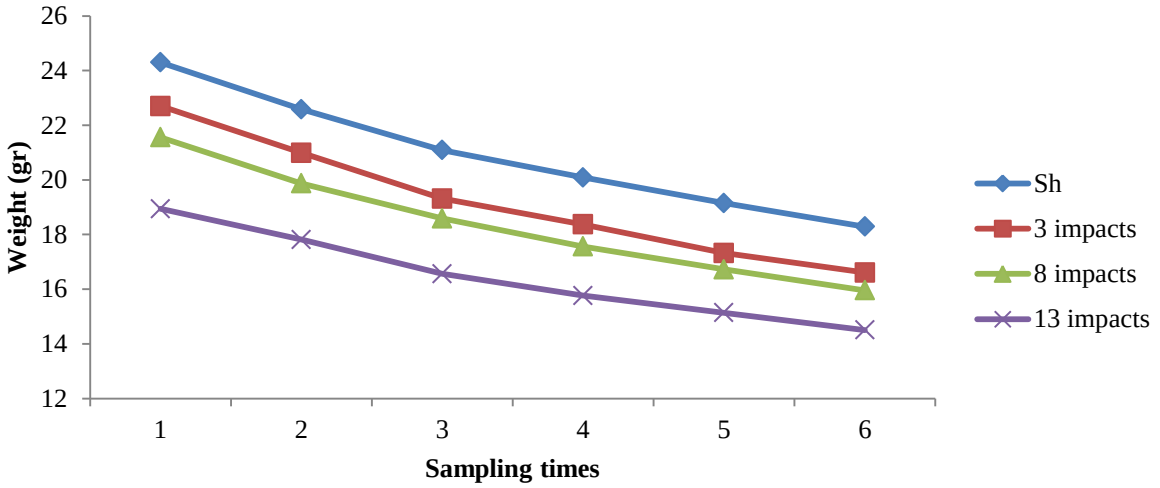
تغییرات وزنی نمونه ها به ازای دفعات مختلف نمونه گیری

برای مشاهده و درک کامل تاثیر تعداد ضربات بر روی وزن نمونه‌ها که با رطوبت نمونه‌ها در ارتباط است، نمودارهای تغییرات وزنی بر حسب گرم بر اساس دفعات نمونه‌برداری (دفعات زمانی با فاصله ۲ ساعت) ارائه شده است. همانطوری که در شکل ۴ نشان داده شده است، تغییرات وزنی برای تمامی نمونه ها از ۵۰ گرم (وزن پایه) شروع به کاهش می‌کند و بسته به شرایط هر سطح روند مختلفی را به خود می‌گیرد. با دقت در نمودار مربوطه می‌توان استنباط کرد که در ساعات اولیه به علت بالا بودن محتوای رطوبتی محصول روند تغییرات وزن شدید است و بیشترین کاهش وزن به گروه با ۱۳ ضربه و کمترین کاهش وزن به گروه شاهد (بدون ضربه) تعلق دارد.



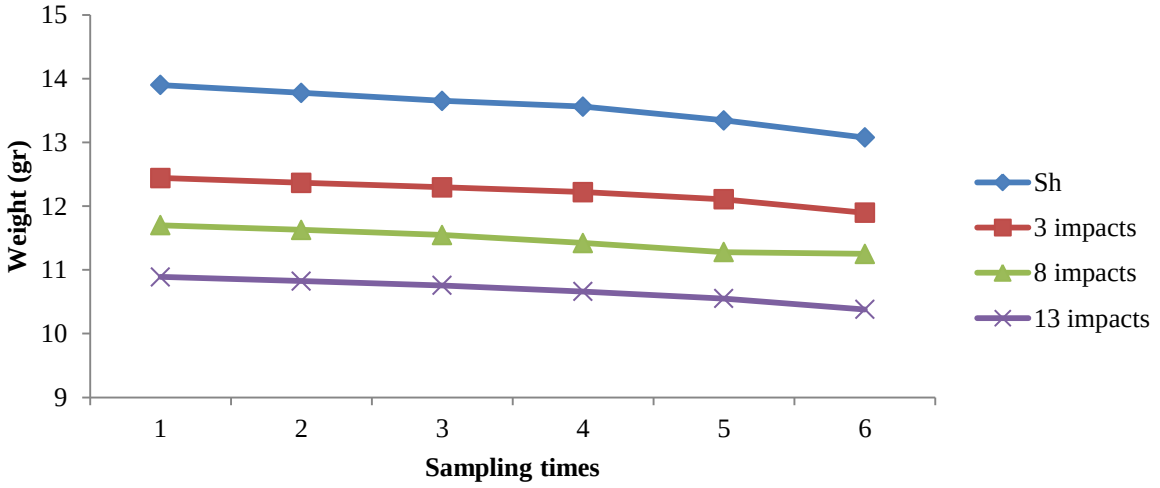
شکل۴- تغییرات وزن نمونه‌های مختلف برای سری اول نمونه برداری

در شکل ۵ تغیرات وزنی نمونه های ذکر شده به ازای دفعات نمونه برداری وزنی برای ادامه فرآیند خشک شدن ارائه شده است. سرعت روند نزونی وزن در این مرحله مقداری کاهش یافته و روند تغییرات مشابه با مرحله اول است. در این مرحله نیز بیشترین نرخ از دست دادن رطوبت به دسته ۱۳ ضربه مربوط می‌شود.



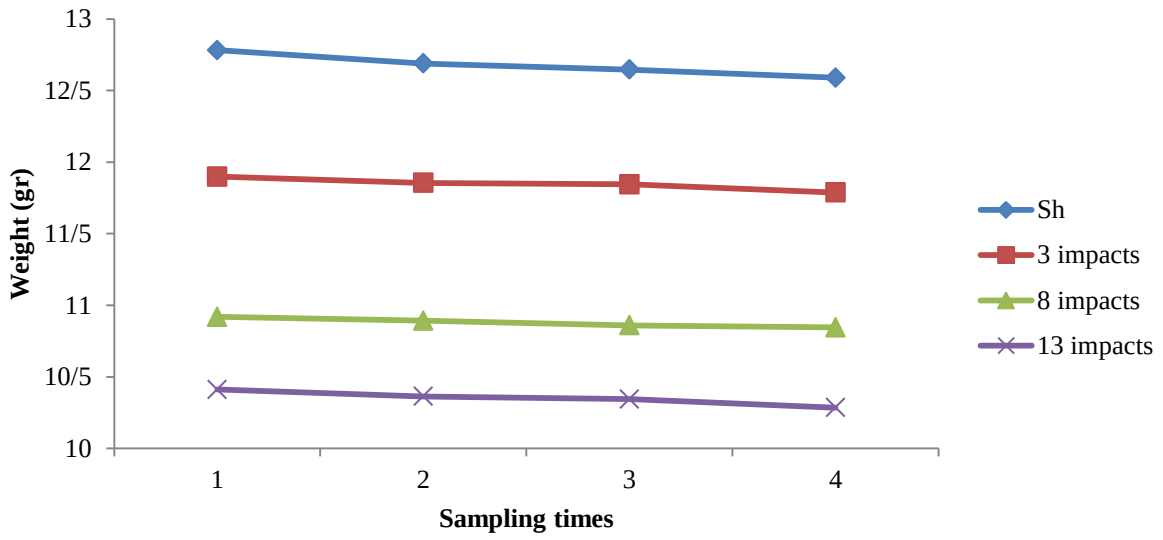
شکل۵- تغییرات وزن نمونه‌های مختلف برای سری دوم نمونه برداری

در ادامه روند خشک کردن، مرحله سوم خشک شدن با کاهش چشمگیر نرخ خشک شدن همراه است. لازم به ذکر است که در این مرحله ۳ دسته ای که برای آن‌ها ضربه اعمال شده است در مقایسه با دسته شاهد مقادیر نزدیک تری نسبت به یکدیگر دارند که این مسئله تاثیر ضربه زنی را بر روی فرآیند خشک شدن به خوبی نشان می‌دهد.



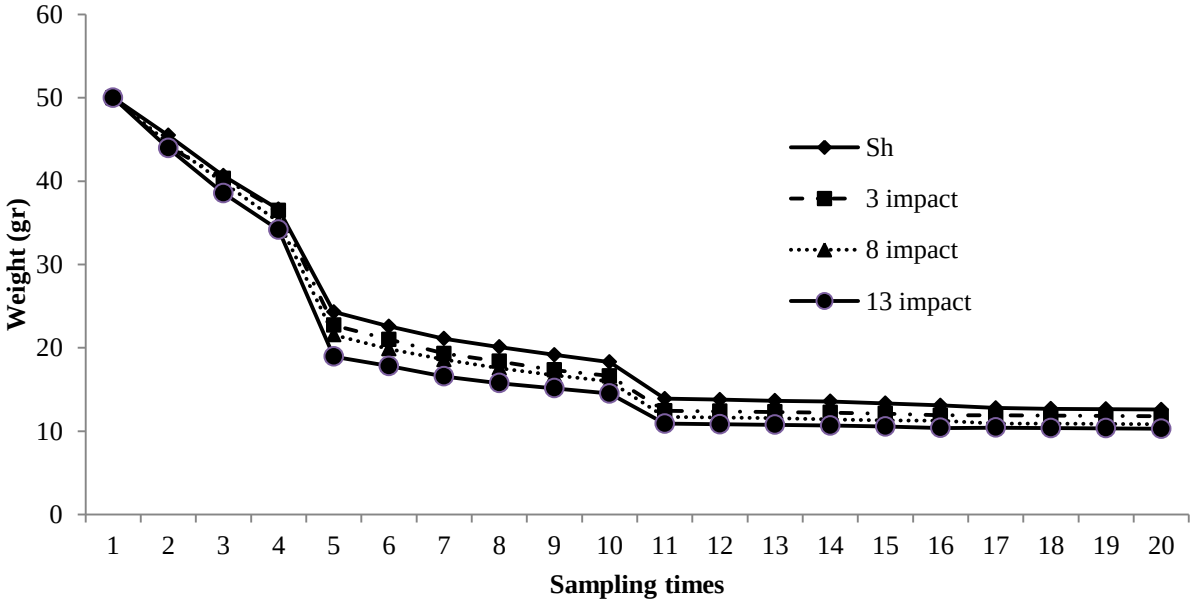
شکل۶- تغییرات وزن نمونه های مختلف برای سری سوم نمونه برداری

در انتها نیز برای مرحله آخر روند خشک شدن (کاهش وزن) به ازای دفعات نمونه برداری ارائه شده است. همانطوری که از شکل ۶ قابل مشاهده است در این مرحله تغییرات بسیار جزئی است و می توان با تقریب بسیار خوبی فرض کرد که خشک شدن به صورت کامل انجام گرفته است. ار نظر سنیتیک خشک شدن نیز مقدار نهایی رطوبت تقریبا به مقدار ثابتی در داخل محصول رسیده است.



شکل۶- تغییرات وزن نمونه‌های مختلف برای سری چهارم نمونه برداری

شکل ۷ روند کلی تغییرات وزن نمونه های مختلف را بر اساس دفعات مختلف اندازه گیری (با فاصله زمانی ۲ ساعت) را نشان می‌دهد. همانطور که قابل مشاهده است، با گذشت زمان و با توجه به از دست دادن رطوبت، وزن نمونه‌ها کاهش می‌یابد. تغییرات تیز موجود در نمودار (۴ به ۵ و ۱ به ۱۱) به طول شب مربوط می‌گردد که بنا به محدودیت های زمانی موجود در آزمایشگاه امکان توزین نمونه‌ها وجود نداشت. در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که نرخ از دست دادن رطوبت برای حالت ۱۳ ضربه بیشترین مقدار و برای حالت شاهد (بدون ضربه) کمترین مقدار را دارا است که نشان دهنده تاثیر رطوبت موجود در ساقه برای رطوبت نهایی محصول است.



شکل۷- تغییرات وزن نمونه های مختلف بر اساس کل دفعات داده برداری

نتیجه گیری

هر ۶ دسته ۵۰ گرمی برا گروه های شاهد، گروه با ۳ ضربه، گروه با ۸ ضربه و گروه با ۱۳ ضربه مورد مطالعه قرار گرفتند و اندازه گیری ویژگی‌های مختلف محصول در روزهای مختلف مورد استفاده قرار می گرفتند. همچنین برای بدست آوردن مقدار ماده خشک، ۲۰۰ گرم از محصول تحت دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد و مدت زمان ۲۴ ساعت خشک شد.

با توزین نمونه‌ها در فواصل زمانی ۲ ساعته در طول روز و مقایسه با حالت پایه، مقدار رطوبت محصول در آن شرایط جهت مطالعه به دست آمد و برای درک کامل تاثیر تعداد ضربات بر روی وزن نمونه‌ها که با رطوبت نمونه‌ها در ارتباط است، نمودارهای تغییرات وزنی بر حسب گرم بر اساس دفعات نمونه‌برداری ارائه گردید. این تغییرات روند کاهش وزن را را به خوبی نشان داد.

با کاهش وزن نمونه‌ها در اثر گذشت زمان، در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که نرخ از دست دادن رطوبت برای حالت ۱۳ ضربه بیشترین مقدار و برای حالت شاهد (بدون ضربه) کمترین مقدار را دارا است که نشان دهنده تاثیر رطوبت موجود در ساقه برای رطوبت نهایی محصول است.

مراجع

۱. زراعت نباتات علوفه‌ای، محمد علی رستگار، ۱۳۸۴، انتشارات برهمند.

2. Rotz, A.C., Chen, Y. 1985. Alfalfa drying model for the field environment, Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, 28(2), 1686-1691

۳. فضلی. ح.، یزدی ص.ب. ۱۳۶۸. مقایسه ۶۴ رقم یونجه ایرانی و خارجی از نظر خصوصیات زراعی و کیفی. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۲۳، شماره ۱. ۱۵-۲۳.

4. Patil, R.T., Sokhansanj, S., Khoshtaghaza, M.H. 1993. Compression characteristics of alfalfa cubes, American Society of Agricultural Engineers, 1, 76-82.
5. Fasina, O., Spkhanrang, S. 2007. Modelling the Bulk Cooling of Alfalfa Pellets, Drying Technology: An International Journal, 13, 1881-1904.
6. Farhang, A., Hosinpour, A., Darvishi, H. 2010. Accelerated drying of alfalfa (Medicago sativa L.) by microwave dryer, Global Veterinaria 5 (3), 158-163.
7. Che, C., Wen, H.J., Wan, L., Qing, Y.R., Wang, X. 2015. Kinematic Simulation and Experiment Rotating Air Flow for Drying Alfalfa, Drying Technology: An International Journal, 1, 1-8.
8. Siles, J.A., Gonzalez-Tello, P., Martin, M.A., Martin, A. 2015. Kinetics of alfalfa drying: Simultaneous modeling of moisture content and temperature, Biosystems Engineering, 129, 185-196.
9. Aboltins, A., Kic, P., 2018. Influence of air velocity on drying dynamics of alfalfa. Engineering for Rural Development, 1, 1470- 1475

Evaluation of drying rate for conditioned alfalfa

Maryam Dana[1], Parviz Ahmadi Moghaddam[2*], Adel Rezvanivand Fanaei[3]

1. Department of Biosystems Engineering, Urmia University
2. Department of Biosystems Engineering, Urmia University
3. Department of Biosystems Engineering, Urmia University

Abstract

For uniform drying of leaves and stems, the moisture content of leaves and stems should be relatively equal. In this study, to investigate the uniformity of alfalfa drying, experiments consisted of 4 control, 3-impacts, 8-impacts, and 13-impacts with 6 samples of 50 grams groups were conducted. Initially dry matter content of the hay using the product at a temperature of 105 ° C for 24 h. Subsequently, all samples were weighed daily at 2-hour intervals. The results showed that the 13-impacts category had the highest rate of moisture loss and the control (no-stroke) had the lowest value, indicating the influence of moisture content on the stem for the final product moisture.

Key words: Dry matter; stem; alfalfa; moisture content; natural drying

*Corresponding author
E-mail: P.ahmadi@urmia.ac.ir