تاثیر پیش‌تیمارها بر خصوصیات کمی و کیفی خشک شدن ریحان در خشک کن خورشیدی

ثمین بلدی*[1]، یعقوب منصوری[2]، محمدرضا فیاض [3]

۱- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی بیوسیستم و مکانیزاسیون، دانشگاه شهیدچمران اهواز

۲- عضو هئیت علمی گروه مهندسی بیوسیستم و مکانیزاسیون، دانشگاه شهیدچمران اهواز

۳- کارشناس ارشد، گروه بیوتکنولوژی، دانشگاه فردوسی مشهد

* ایمیل نویسنده مسئول: s-baladi@phdstu.scu.ac.ir

چکیده

انرژی خورشیدی به دلیل دارا بودن ویژگی‌هایی نظیر فراوان بودن، در دسترس بودن، تمیز و ارزان بودن از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. خشک کردن محصولات کشاورزی یکی از مهمترین فعالیت‌ها جهت نگهداری مواد غذایی می‌باشد. به منظور بهره‌گیری از منابع انرژی پاک، کاهش ضایعات گیاهان و افزایش سطح درآمد سبزی کاران، پژوهش حاضر در خوزستان اجرا گردید. در این طرح تلاش شده تا با استفاده از انرژی خورشیدی با کمک یک دستگاه خشک کن خورشیدی در شرایط غیر فعال، و با پیش‌تیمارهای بلانچینگ و سورفوکتانت و بدون پیش تیمار، مدت زمان خشک شدن محصول ریحان و کیفیت رنگ محصول خشک شده مورد بررسی قرار گیرد. نتایج این تحقیق نشان داد استفاده از دستگاه خشک کن خورشیدی نسبت به روش معمول یعنی خشک کردن در سایه مدت زمان خشک شدن را به میزان ۱۴ برابر کاهش داد. همچنین استفاده از پیش تیمار سورفوکتانت زمان خشک شدن را نسبت به دیگر تیمارها به صورت معنی داری کاهش داد. در رابطه با شاخص تغییرات رنگ مشاهده شد بهترین نمونه‌ها از نظر حفظ رنگ ریحان نمونه‌های پیش‌تیمار شده در محلول سورفوکتانت بوده‌اند در حالی که نمونه‌های بدون پیش‌تیمار در حالت سایه بیشترین تغییرات رنگ را نشان داده است. نمونه‌های بلانچ شده از نظر حفظ رنگ بهتر از نمونه‌های بدون پیش‌تیمار بوده‌اند. نمونه‌های بلانچ شده در شرایط خشک شدن سایه بهتر از خشک کن در حفظ رنگ ریحان عمل کرده‌اند.

واژه‌های کلیدی: پیش تیمار ، خشک کن غیر فعال، ریحان

مقدمه

خشک کردن محصولات کشاورزی یکی از مهم‌ترین فعالیت‌ها جهت نگهداری مواد غذایی است (Doymaz, 2004). اهمیت این موضوع از یک سو و اهمیت صرفه جویی در مصرف سوخت از سوی دیگر، طراحی سیستمی جهت خشک کردن مواد غذایی با انرژی خورشید را اقتصادی و مهم جلوه می‌دهد (لطفعلیان دهکردی، ۱۳۸۹).. خشک‌کردن در زیر نور مستقیم خورشید از ابتدایی‌ترین راه‌های خشک‌کردن است که از دیدگاه مصرف انرژی می‌تواند روشی سودمند باشد، اما وجود مسائلی نظیر اثر گرد و غبار، باران، حشرات، جوندگان، پرندگان، کندی روند خشک‌شدن و نیز عدم یکنواختی فرآیند باعث شده است که این روش کارایی لازم را نداشته باشد (Murthy, 1998). همواره در فرآیند خشک کردن، انرژی بسیار زیادی مصرف می شود. به‌کار گرفتن خشک‌کن‌های خورشیدی علاوه بر مرتفع کردن مشکلات ذکر شده، فوایدی همچون برداشت زود هنگام محصول، افزایش کیفیت و عمر ماندگاری محصولات کشاورزی را به دنبال دارد (Midilli *et al*., 2002).

ریحان[1] در طب سنتی به عنوان گیاهی جهت درمان سردرد، سرفه، اسهال، یبوست، زگیل و نواقص کلیوی کاربرد دارد ،(توکلی پور و همکاران، ۲۰۱۰). همچنین ریحان خاصیت حشره‌کشی، دورکنندگی پشه، ساس، مار و عقرب دارد (خیری، ۱۳۸۰). از مشکلات اساسی خشک کردن ریحان سرعت کم انتقال رطوبت در طول روند خشک شدن و تغییرات رنگ آن از سبز به رنگ قهوه‌ای است (Rocha *et al*., 1993).

بسیاری از گیاهان معطر دارای مقدار قابل توجهی رنگدانه کلروفیل هستند. کاهش رنگدانه‌های کلروفیل در طول پروسه‌های حرارتی موجب تغییرات رنگ محصول از سبز روشن به رنگ قهوه‌ای می‌شود. مهمترین فاکتورهایی که بر حفظ رنگ سبز محصول تاثیر می‌گذارند زمان خشک شدن، دمای خشک شدن و پیش‌تیمارها هستند (Rocha *et al*., 1993).

پیش‌تیمارهای مختلفی که در آزمایشگاه‌ها و کارخانه‌ها به منظور حفظ کیفیت مطلوب محصول پیش از خشک‌کردن استفاده می‌شوند عبارتند از سولفاته کردن، بلانچینگ[2] و فریز کردن. که در این میان استفاده از پیش‌تیمار سورفوکتانت شامل محلول اتیل اولئات و پتاسیم کرینات سرعت خشک شدن را به میزان زیادی افزایش می‌دهد (Rocha *et al*., 1993).

جهت مدلسازی ریاضی خشک‌کردن لایه نازک ریحان به دو روش خشک‌کردن در زیر نور مستقیم خورشید و استفاده از خشک‌کن خورشیدی تحقیقی توسط (توکلی پور و همکاران، ۱۳۹۰) انجام گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش دما سرعت خشک‌شدن افزایش می‌یابد و زمان خشک‌کردن در روش خورشیدی ۱/۳۵ برابر روش نور مستقیم خورشید به‌دست آمد.

به‌کارگیری اتیل اولئات در آماده سازی نمونه‌ها به دلیل اثرات مثبت آن بر روی افزایش تبادل جرم در برخی از میوه‌ها و به طور ویژه در انگور بررسی گردیده است. در تحقیقی مدت لازم برای خشک کردن انگور بی‌دانه تیمار داده شده با محلول

[1] -Basil
[2]-Blanching

کربنات پتاسیم و روغن اتیل اولئات در سرعت‌های جابه‌جایی هوای ۰/۳ و ۲ متر بر ثانیه به ترتیب ۳۱ و ۱۷ ساعت و برای نمونه‌های تیمار نشده در همان شرایط، به ترتیب ۷۰ و ۴۲ ساعت بود (Katahira and Bekki, 1998).

(حبیبی اصل و بهبهانی، ۱۳۹۱) نحوه خشک‌شدن گیاه دارویی نعناع را با استفاده از یک خشک‌کن خورشیدی در دو شرایط فعال و غیر فعال و سه تراکم ۲، ۳و ۴ کیلوگرم بر متر مربع در شرایط استان خوزستان بررسی کردند. نتایج آزمایش نشان داد زمان مورد نیاز برای خشک شدن سبزی نعناع در خشک‌کن خورشیدی در تیمارهای مختلف، ۳/۵ تا ۱۵ ساعت بود. درحالی که در روش سنتی این زمان حدود ۵ روز به طول کشید. زمان خشک‌شدن به روش همرفت اجباری نسبت به روش همرفت طبیعی به طور متوسط ۲۹/۷ کاهش پیدا کرد.

در استان خوزستان با توجه به بالا بودن روزهای آفتابی در سال و پایین بودن ارتفاع بسیاری از نقاط به نظر می‌رسد که انرژی خورشیدی جایگزین مناسبی برای سوخت‌های فسیلی بوده و بررسی راه‌های استفاده از آن ضروری به‌نظر می‌رسد. لذا به منظور استفاده بهینه از انرژی خورشیدی در خشک کردن سبزیجات در این استان، اجرای پژوهش حاضر با هدف بهره‌گیری از منابع انرژی پاک، کاهش ضایعات سبزیجات و افزایش سطح درآمد سبزی‌کاران منطقه توصیه گردید.

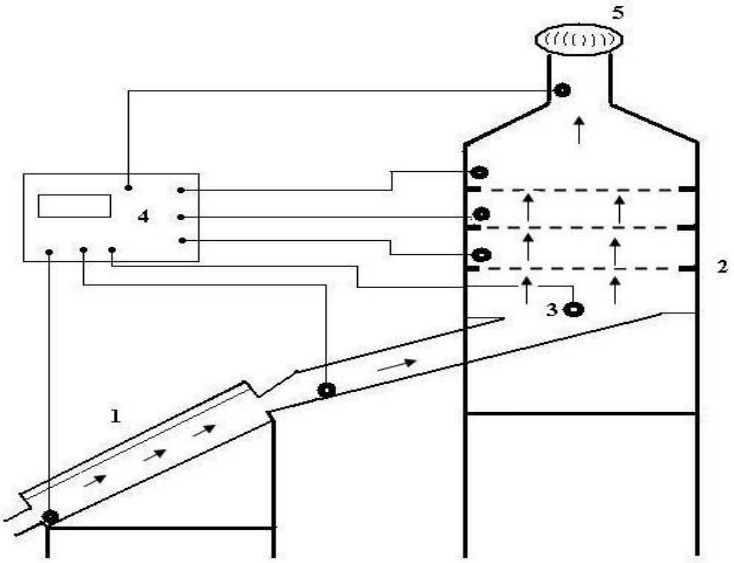
مواد و روش‌ها

گیاه ریحان (*Ocimum basilicum*) مورد نیاز این تحقیق در روز آزمایش خریداری شد. برای هر آزمایش از ساقه و برگ گیاه استفاده شد. در تحقیق حاضر از خشک کن خورشیدی کابینتی با جمع کننده شیاری به ابعاد ۲×۱ متر برای جمع‌آوری انرژی خورشیدی و تبدیل آن به گرما واقع در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان اهواز، استفاده شد. اتاق خشک کنی از محفظه‌ای عایق دار به ابعاد ۱۰۰×۸۰×۸۰ سانتی متر و دارای سه طبقه تشکیل شده بود. شکل (۱) شماتیک خشک کن استفاده شده و شکل (۲) تصویر خشک کن را نشان می‌دهند. لایه های گیاه ریحان جهت خشک شدن روی سینی مشبک در طبقه وسط با تراکم $3\ kgm^{-2}$ پهن شدند، شکل (۳). برای جریان بهتر هوا در حالت غیر فعال خشک کن، یک هواکش در بالای اتاق خشک کنی نصب گردید. این هواکش با جریان هوای محیط گردش کرده و عبور هوای گرم از میان محصول خشک شونده را تقویت می‌نماید.

به منظور اندازه‌گیری و ثبت دما و رطوبت هوا برای هر مدت زمانی دلخواه در قسمت‌های مختلف خشک‌کن (ورودی هوا به کالکتور، ورودی هوا به اتاق خشک‌کنی و خروجی هوا از خشک‌کن)، دستگاه داده‌بردار دیجیتال روی خشک‌کن خورشیدی وجود داشت. این دستگاه از دو قسمت مجزا (ولی مرتبط باهم) تشکیل شده است: دستگاه کنترل مرکزی: وظیفه دستگاه کنترل مرکزی، راه اندازی و کنترل حسگرها و ثبت اطلاعات اندازه‌گیری شده توسط حسگرها می‌باشد. حسگرها شامل حسگرهای دیجیتالی دقیقی هستند که با دقت بالایی دما و رطوبت محیط را اندازه‌گیری می‌کنند. در تحقیق حاضر تعداد ۶ عدد حسگر در نقاط مختلف خشک‌کن برای اندازه‌گیری دما و رطوبت نصب شده است.

بخشی از نمونه‌ها بدون پیش‌تیمار خشک شدند. برای بلانچینگ با بخار آب نمونه‌ها بـر روی سـینی سـیمی گسـترده شده و برای مدت ۱۵ ثانیه با بخار $100^{o}C$بلانچ شدند. جهت پیش تیمار سورفوکتانت، گیاهـان بـرای مـدت دو دقیقـه در یـک محلول 2.5٪ اتیل اولئات (EO) و 2.5٪ پتاسیم کربنات، غوطه ور شدند(Rocha *et al*., 1993).

در این طرح آزمون‌ها در حالت جریان هوا غیر فعال[1] (جریان هوا در دستگاه بصورت جریان همرفت طبیعی[2] بـوده و از هیچ وسیله‌ای برای کمک به جریان یافتن هوا استفاده نمی‌شود) و تراکم kgm^{-2} ۳ گیاه روی سینی وسط خشک کن انجام شـد. به عنوان شاهد یک تیمار خشک کردن در سایه جهت مقایسه نتایج آزمایش استفاده شد.



شکل۱- نمای شماتیک قسمتهای مختلف خشک‌کن خورشیدی. ۱: کالکتور خورشیدی، ۲: محفظه خشک‌کنی، ۳: حسگرهای دما و رطوبت، ٤: دستگاه داده‌بردار دیجیتال، ٥: هواکش طبیعی

برای هر آزمایش سینی محصول با تراکم مورد نظر (3 کیلوگرم بر متر مربع) از گیاه (یک بـار گیاهـان بـا پـیش‌تیمـار بلانچینگ، یک بار گیاه با پیش‌تیمار سورفوکتانت و یک بار بدون پیش‌تیمار) پر شده و هـر نـیم سـاعت یـک بـار وزن گیاهـان یادداشت شد. عملیات خشک کردن تا زمانی ادامه یافت که تغییر قابل توجهی در رطوبت نمونه‌ها در طول ۳ اندازه‌گیری متـوالی مشاهده نشده و میزان رطوبت به زیر ۱۰٪ برسد.

[1] -Passive
[3]- Natural convection

شکل۲-نمای خشک کن استفاده شده در تحقیق حاضر

شکل۳- نحوه قرار گرفتن ریحان در سینی ها

برای اندازه‌گیری رنگ، ابتدا نمونه‌های خشک در دستگاه اسکنر قرار داده شدند و سپس با وضوح تصویر ۶۰۰×۶۰۰ پیکسل بر اینچ اسکن شدند. پس از آن، از هر تکرار آزمایش ۱۵ نمونه به‌طور تصادفی انتخاب شد و از هر نمونه ۱۰ نقطه شامل نقاط بالا، پایین، چپ، راست و مرکز به‌طور تصادفی انتخاب گردید و سپس توسط نرم افزار Photoshop CS 5.1 آنالیز شد. در نهایت از متوسط این مقادیر که برای هر تکرار شامل ۱۵۰ نقطه شد، شاخص‌های رنگ و ΔE به‌دست آمد.

برای توصیف تغییرات رنگ در طول خشک‌کردن از شاخص ΔE (اختلاف رنگ نمونه خشک شده از نمونه تازه) استفاده می‌شود که این شاخص به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \qquad (۲)$$

که در این معادله $\Delta L = L - L_0$ و $\Delta b = b - b_0$ و $\Delta a = a - a_0$ و L، a وb مربوط به نمونه خشک-شده و L_0، a_0و b_0 مربوط به نمونه‌های تازه است. هرچه میزان ΔE کمتر باشد نشان دهنده رنگ خوب نمونه خشک شده است.

طرح آزمایشی مورد استفاده در این پژوهش آزمایش‌های فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی است. در این آزمایش دو عامل مورد بررسی قرار گرفت. عامل اول پیش‌تیمارها، عامل دوم روش خشک‌کردن است. بنابراین ۶ ترکیب تیماری بود (۳×۲) و با داشتن ۳ تکرار برای هر عامل، این تحقیق در مجموع دارای ۱۸ واحد آزمایشی می‌باشد. نتایج آزمایش با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 آنالیز شده و نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel 2007 رسم شدند.

نتایج و بحث

اثر تیمارها و پیش‌تیمارها بر مدت زمان خشک کردن: رطوبت اولیه محصول به‌صورت میانگین ۸۸٪ بر مبنای تر بوده و محصول تا رطوبت نهایی میانگین ۱۰٪ خشک شد. جدول (۱) تجزیه واریانس اثر تیماردهی و پیش‌تیماردهی بر مدت زمان خشک کردن در خشک کن خورشیدی می‌باشد.

همانطور که در جدول (۱) دیده می‌شود بین سطوح مختلف تیمار اول یعنی روش خشک کردن در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف بسیار معنی داری وجود دارد. و این نتیجه گواه این مطلب است که مدت زمان خشک کردن گیاه ریحان در خشک کن خورشیدی در حالت غیر فعال و همچنین تیمار سایه با یکدیگر اختلاف بسیار زیادی دارند.

مقایسه تیمارهای مختلف خشک‌کردن نشان داد، استفاده از خشک‌کن خورشیدی، زمان خشک شدن را نسبت به حالت خشک کردن مرسوم (خشک‌کردن سایه) به صورت معنی‌داری کاهش داد (جدول۱). مدت زمان خشک کردن با استفاده از خشک کن حداکثر ۱۲ ساعت بوده اما در روش سایه حداقل زمان مورد نیاز ۱۰۴ ساعت (با احتساب زمان شب به دلیل قرار داشتن در محیط اتاق) بود.

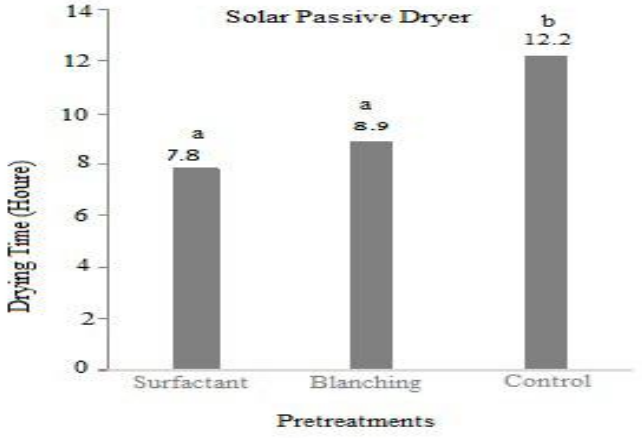
جدول ۱- تجزیه واریانس اثر تیمارها بر مدت زمان خشک‌کردن

منابع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
بلوک	2	1.056	0.528	$2.7705^{n.s}$
تیمار روش خشک کردن	1	48279.67	48279.674	253325.93^{**}
پیش تیمارها	2	229.952	114.976	603.29^{**}
اثر متقابل	2	167.033	83.517	438.22^{**}
خطا	10	1.906	0.191	
کل	17	48679.621		
CV=0.71%				

بررسی جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که تغییرات در زمان خشک‌شدن در دو تیمار غیرفعال خشک کن خورشیدی و سایه و همچنین پیش‌تیمارهای شیمیایی، بلانچ و بدون پیش‌تیمار تفاوت معنی‌داری دارد. همان‌طور که در جدول (۱) نشان داده شده است بین پیش‌تیمارهای مختلف از نظر مدت زمان خشک شدن اختلاف بسیار معنی داری در سطح ۱ درصد وجود دارد. همچنین اثر متقابل دو تیمار در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شده است. نتایج تجزیه واریانس اثر پیش‌تیمارها در سطوح مختلف تیمار خشک کردن (خشک کردن در حالت غیر فعال و تیمار شاهد سایه) بر مدت زمان خشک کردن در خشک کن خورشیدی نشان داد که اختلاف بسیار معنی‌داری در بین پیش‌تیمارهای مختلف خشک کردن وجود دارد. مقایسه میانگین بین پیش‌تیمارهای مختلف به کمک آزمون دانکن در سطح احتمال ۱٪ انجام شد و نمودار شکل (۴) نتایج آن را نشان می‌دهد.

نتایج نمودار شکل (۴) نشان می‌دهد اختلاف معنی‌داری بین سطوح مختلف پیش‌تیمارها در روش خشک کردن در خشک کن خورشیدی وجود دارد. بر اساس این نمودار بیشترین و کمترین مدت زمان خشک کردن در حالت غیر فعال مربوط به حالت بدون پیش‌تیمار و پیش‌تیمار شیمیایی است. همان‌گونه که در نمودار مشاهده می‌شود، در حالت غیر فعال بین پیش-تیمارهای شیمیایی و بلانچ از نظر مدت زمان خشک شدن علی‌رغم اختلاف حدوداً یک ساعتی ، تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. اما بین دو پیش‌تیمار شیمیایی و بلانچ و حالت بدون پیش‌تیمار اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ مشاهده می‌شود. بنابر

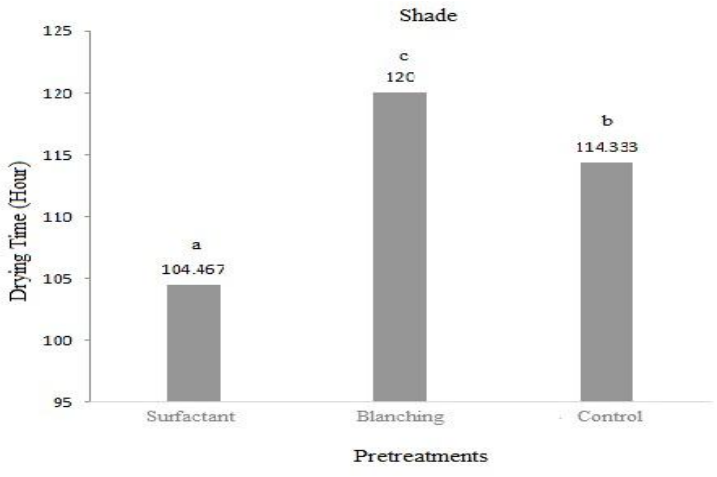
نتایج نشان داده شده در حالت غیرفعال خشک کن خورشیدی به جز حالت بدون پیش‌تیمار، کاربرد دو پیش‌تیمار دیگـر در مـدت زمان خشک کردن موثر بوده است.



شکل٤- مقایسه میانگین اثر پیش‌تیمارهای مختلف در حالت غیر فعال خشک کن خورشیدی بر مدت زمان خشک شدن (حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۱درصد می‌باشد)

علت این کاهش زمان در تیمار شیمیایی به همراه اتیل اولئات را می‌توان اینگونه بیان کرد که اتیـل اولئـات نـه تنهـا سبب حذف لایه واکسی از سطح ریحان می‌شود بلکه اغلب با اندکی حرارت دیدن سطح ریحان می‌تواند به آسـانی بـه درون آن نیز نفوذ کرده و سبب بهبود انتقال آب از درون گیاه به خارج آن شود. فشار بخار درون برگ با افزایش دما افزایش می‌یابد و تاثیر محدودکننده لایه واکسی بر عبور بخار آب ناچیز می‌شود. نتایج مشابه از کاهش مدت زمـان خشـک شـدن درنتیجـه اسـتفاده از محلول اتیل اولئات و پتاسیم کربنات توسط Doymaz (2005) بر خشک کردن توت، Doymaz (2005) خشک کردن زردآلـو، (Rocha *et al*., 1993).بر خشک کردن ریحان در خشک کن هوا داغ بر محصولات مشابه گزارش شده است.

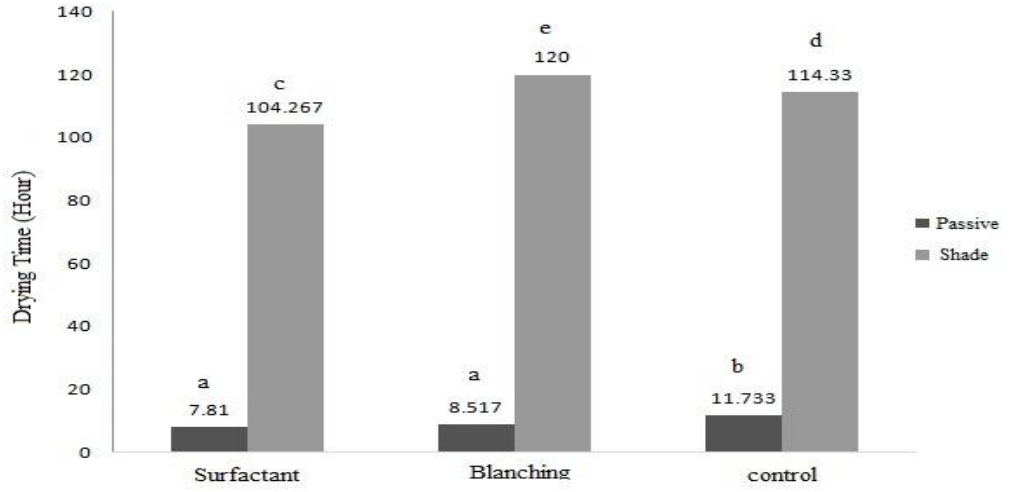
نتایج مقایسه میانگین سطوح مختلف پیش‌تیمارها در روش خشک کردن سایه (شاهد) در شکل (۵) نشـان داده شـده است.



شکل۵ - مقایسه میانگین اثر پیش‌تیمارهای مختلف در روش سایه بر مدت زمان خشک شدن (حروف مختلف نشان-دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۱درصد می‌باشد)

در شرایط سایه با توجه به نمودار بیشترین و کمترین مدت زمان خشک شدن مربوط به پیش‌تیمارهای بلانچ شده و شیمیایی بوده است. هر سه این تیمارها با یکدیگر اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهند. علت طولانی‌تر شدن زمان خشک شدن پیش‌تیمار بلانچ در خشک شدن در شرایط سایه را می‌توان به دلیل دمای کم محیط دانست. چرا که عدم وجود دمای بالا در شرایط خشک شدن منجر به طولانی‌تر شدن زمان خشک شدن نمونه‌های بلانچ، شده است. اما در خشک کن خورشیدی بلانچینگ ریحان سبب کاهش مدت زمان خشک شدن شد. نتایج مشابه از کاهش مدت زمان خشک شدن با استفاده از پیش-تیمار بلانچینگ توسط محققین دیگر مانند (حسینی، ۱۳۹۱) بر روی نمونه‌های قارچ، (منوچهری زاده، ۱۳۹۰) بر نمونه‌های سیب زمینی، (Ahmed *et al.*, 2011) بر روی گیاه گشنیز گزارش شده است. دلیل این امر این است که ضریب انتقال حرارت هوا بسیار پایین می‌باشد و گاهی از آن به عنوان عایق حرارتی استفاده می‌شود (Pusti, 2008). بنابراین احتمالاً با خروج هوا از بافت ماده در اثر اعمال عملیات بلانچینگ، انتقال حرارت به درون ماده افزایش یافته، در نتیجه مدت زمان خشک شدن کاهش می-یابد. همچنین این نتیجه با نتایج Barbanti (1988) و (Rocha *et al.*, 1993) ، که نشان می‌داد سرعت خشک شدن ریحان در زمان استفاده از بلانچ بخار آب افزایش یافته، مطابقت دارد. تیمار بخار آب نفوذپذیری دیواره سلولی را افزایش داده و منجر به افزایش سرعت حرکت آب به سطح برگ شده و باعث کاهش زمان خشک شدن می‌شود.

نتیجه مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای مختلف بر مدت زمان خشک شدن گیاه ریحان با استفاده از آزمون دانکن در سطح معنی‌داری ۱ درصد در شکل (۶) نشان داده شده است.



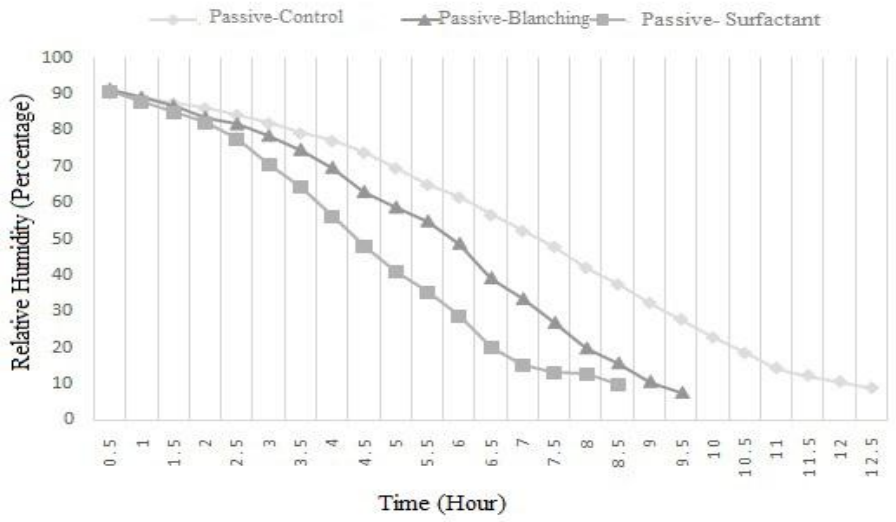
شکل ٦- مقایسه میانگین اثرمتقابل روش‌های خشک‌کردن و پیش‌تیمارهای مختلف (حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح 1درصد می‌باشد) بر مدت زمان خشک شدن

همانطور که مشاهده می‌شود کمترین زمان خشک شدن مربوط به تیمار خشک کن همراه با پیش تیمار شیمیایی و بیشترین آن در تیمار شاهد (سایه) همراه با پیش‌تیمار بلانچ می‌باشد. در نتیجه می‌توان گفت کاربرد روش خشک‌کردن خورشیدی در شرایط غیر فعال به‌همراه پیش‌تیمار شیمیایی بیشترین اثرگذاری را بر زمان خشک کردن داشته است. همچنین استفاده از پیش‌تیمار بلانچینگ هم همراه با شرایط خشک کردن در خشک کن خورشیدی زمان خشک شدن را نسبت به تیمار سایه کاهش داده است ولی با پیش‌تیمار شیمیایی در خشک کن خورشیدی با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند. اما بین استفاده از پیش‌تیمارها و عدم استفاده از آنها در خشک کن خورشیدی اختلاف معنی‌داری وجود دارد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت استفاده از هر دو پیش‌تیمار نسبت به عدم استفاده از آن در خشک کن تاثیر معنی‌داری بر کاهش زمان خشک شدن دارد اما در شرایط سایه استفاده از پیش‌تیمار بلانچینگ توصیه نمی‌شود.

به دلیل وجود دو سطح در عامل روش خشک کردن (سایه و خشک کن خورشیدی در شرایط غیر فعال) و معنی‌دار بودن این تیمار در جدول (۱) می‌توان نتیجه گرفت استفاده از خشک کن خورشیدی نسبت به روش سایه زمان خشک شدن را به‌صورت معنی‌داری کاهش داده است. همچنین مقایسه میانگین تیمارهای مختلف نشان می‌دهد روش سنتی خشک کردن در سایه دارای بیشترین زمان بوده و تقریبا ۱۴ برابر مدت زمان لازم در خشک کن خورشیدی است.

در خشک کن خورشیدی با توجه به اینکه رطوبت نهایی کلیه تیمارها برابر در نظر گرفته شد، بنابراین زمان خشک شدن بستگی به نوع پیش‌تیمار استفاده شده در گیاه و همچنین حالت غیرفعال خشک کن خورشیدی دارد. شکل (۷) نشان-دهنده‌ی روند از دست رفتن رطوبت در تیمارهای مختلف در شرایط غیرفعال است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، در این نمودار رطوبت محصول با نرخ نزولی نسبت به زمان خشک شدن تغییر می‌کند. البته این نرخ نزولی به دلیل کندتر شدن روند از دست دادن رطوبت در محصول خشک شونده، نسبت به زمان کاهش می یابد این نتیجه کاملا با تحقیقات انجام گرفته توسط محققین دیگر بر روی محصولات مشابه مطابقت دارد (حبیبی اصل و بهبهانی،۱۳۹۱).

همانگونه که پیش‌بینی می‌شد پیش‌تیمار شیمیایی نه تنها سبب حذف لایه مومی سطح گیاهان می‌شود بلکه اغلب با اندکی حرارت دیدن سطح ریحان می‌تواند به آسانی به درون آن نیز نفوذ کرده و سبب بهبود انتقال آب از درون برگ به خارج آن شده و زمان خشک شدن را کاهش می‌دهد.



شکل۷- نمودار روند کاهش رطوبت (درصد) برحسب زمان(ساعت) در روش خشک کردن غیرفعال

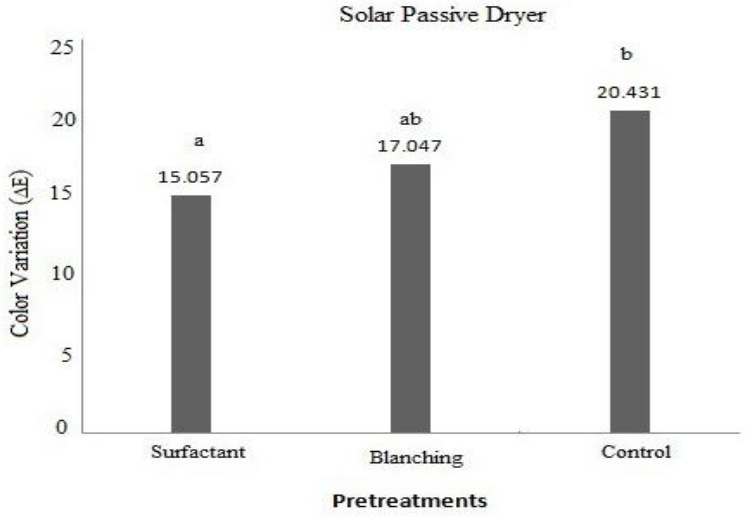
اثر تیمارها و پیش‌تیمارها بر تغییرات رنگ ریحان خشک شده

به منظور بررسی اثر پیش‌تیمارها و روش‌های مختلف خشک کردن بر شاخص تغییرات رنگ (ΔE) آنالیز واریانس انجام شد و نتایج در جدول (۲) آورده شده است.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تیمارها بر تغییرات رنگ ریحان خشک شده

منابع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
بلوک	2	3.176	1.588	$0.3783^{n.s}$
تیمار روش خشک کردن	1	82.667	82.667	19.689^{**}
پیش تیمارها	2	156.31	78.153	18.61^{**}
اثر متقابل	2	86.25	43.123	10.27^{**}
خطا	10	41.99	4.199	
کل	17	370.382	CV= %۱۰.۴۳	

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف بسیار معناداری در بین پیش‌تیمارها، تیمارها و اثر متقابل آنها وجود دارد. . به دلیل معنی‌دار شدن اثر متقابل تیمارها در سطح احتمال ۱٪ تجزیه واریانس اضافی انجام شد. بنابراین پس از انجام تجزیه واریانس اضافی مشخص شد که اختلاف معنی‌داری بین پیش‌تیمارها در سطوح مختلف روش خشک کردن وجود دارد. به همین منظور مقایسه میانگین اثر روش خشک کردن در سطوح مختلف پیش‌تیمارها بر شاخص تغییرات رنگ در سطح احتمال ۱٪ به کمک آزمون دانکن انجام شد و نتایج در نمودار شکل (۸) نشان داده شد.



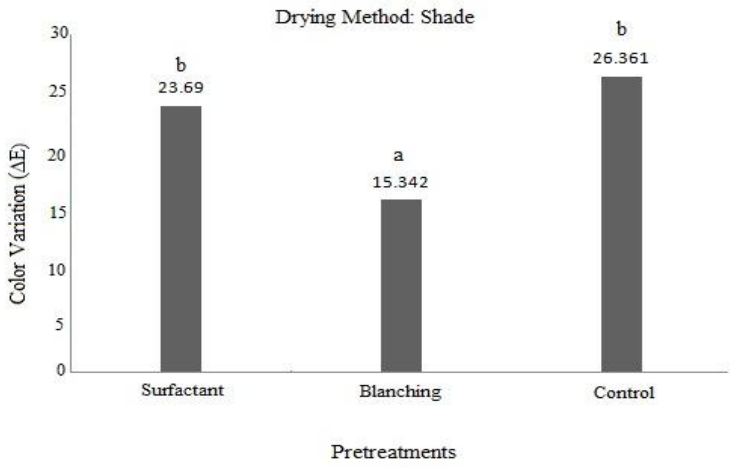
شکل ۸- مقایسه میانگین اثر پیش‌تیمارهای مختلف در روش خشک کن خورشیدی غیرفعال بر میزان تغییرات رنگ ریحان (حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد)

همانطور که در نمودار (۸) مشاهده می‌شود بین استفاده از پیش‌تیمارها و عدم استفاده از آنها در خشک کن خورشیدی از نظر حفظ میزان رنگ اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود دارد. البته توجه به این نکته مهم ضروریست که هر چه شاخص تغییرات رنگ عدد کوچکتری باشد به این معناست که تغییرات رنگ زیاد نبوده و تیمار مربوطه در حفظ رنگ گیاه به خوبی عمل کرده است. با توجه به نمودار می‌توان گفت هرچند میزان تغییرات رنگ ریحان در پیش‌تیمار شیمیایی از پیش‌تیماربلانچینگ و بدون پیش‌تیمار کمتر است اما بین دو پیش‌تیمار شیمیایی و بلانچینگ از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و هر دوی این تیمارها در حفظ رنگ به خوبی عمل کرده‌اند. در حالی که کمترین میزان حفظ رنگ در حالت بدون پیش‌تیمار بوده است. . این نتایج با نتایج حاصله از تحقیق محققان دیگر مانند (حسینی، ۱۳۹۱) و (Rocha *et al*., 1993)، (Lewiki,2004) کاملاً مطابقت دارد.

در پژوهشی که توسط (Rocha *et al*., 1993) انجام گرفت مشاهده شد که نمونه‌های پیش‌تیمار شده با سورفوکتانت سبزتر از نمونه‌های بلانچ شده با بخار آب بودند. این مشاهده می‌تواند به دلیل تاثیر عمل بلانچینگ بر سلول‌های برگ باشد. در تیمار بخار تخریب سلولی به‌وجود می‌آید که نفوذپذیری نسبت به رطوبت افزایش پیدا کرده و در نتیجه فئوفیتین تشکیل شده و قهوه‌ای شدن آنزیمی اتفاق می‌افتد. در مقابل، برگ‌های ریحان پیش‌تیمار شده با سورفوکتانت بافت خود را سالم نگه‌داشته و انتظار می‌رود سرعت از دست رفتن کلروفیل در آن کم باشد. با افزایش دمای خشک کردن، نمونه ها به صورت تصاعدی تیره‌تر می‌شوند. این اتفاق تبدیل کلروفیل به فئوفیتین را در نتیجه قهوه‌ای شدن آنزیمی و غیرآنزیمی با افزایش دما نشان می‌دهد. با گرم شدن برگ، هوا خارج شده و فضای داخل سلولی به‌طور جزئی یا کامل فرو می‌پاشد. ترکیبات اسیدی گیاه تجزیه شده و کلروفیل از کمپلکس پروتئینی آزاد می‌شود و یا غشاء اطراف کلروپلاست نفوذپذیرتر می‌شود. این اسیدها تغییرات کلروفیل به

فئوفیتین را افزایش می‌دهند. بعلاوه فرم‌های فنولی این اسیدها به‌عنوان یک زیرلایه برای واکنش‌های قهوه‌ای شدن آنزیمی فعالیت می‌کنند.

همچنین مقایسه میانگین اثر روش خشک کردن (خشک کردن در سایه) در سطوح مختلف پیش‌تیمارها بر شاخص تغییرات رنگ در سطح احتمال ۱٪ به کمک آزمون دانکن انجام شد و نتایج در نمودار شکل (۹) نشان داده شد.



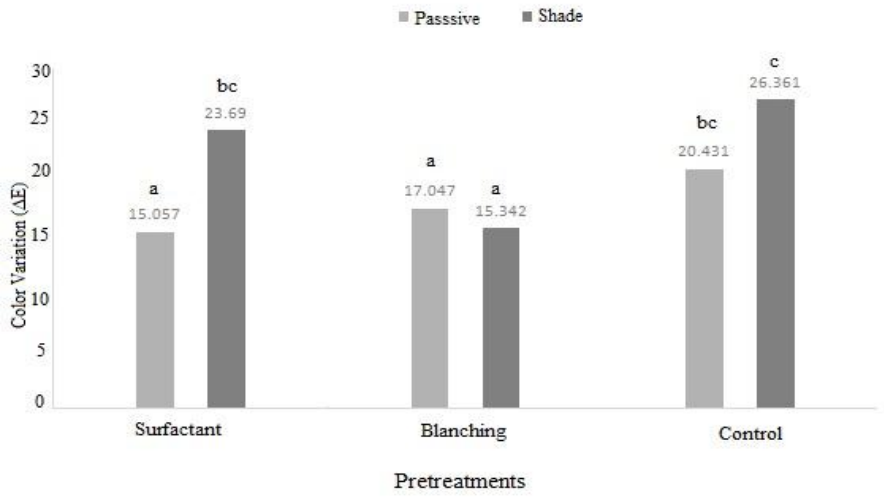
شکل۹- مقایسه میانگین اثر پیش‌تیمارهای مختلف در روش خشک کردن سایه بر میزان تغییرات رنگ ریحان (حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۱درصد می‌باشد)

در روش سایه برخلاف روش دیگر بهترین کیفیت رنگ را پیش‌تیمار بلانچینگ داشته است و بدون پیش‌تیمار و پیش‌تیمار شیمیایی دارای حروف یکسان هستند یعنی از نظر آماری بین این دو تیمار اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. هرچند مقدار عددی شاخص تغییرات رنگ در پیش‌تیمار سورفوکتانت کمتر شده است و این نشان دهنده حفظ بهتر رنگ در نمونه‌های سورفوکتانت نسبت به بدون پیش‌تیمار است اما این دو از نظر آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهند.

نتیجه مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای مختلف بر میزان تغییرات رنگ گیاه ریحان با استفاده از آزمون دانکن در سطح معنی‌داری ۱ درصد انجام شده و در شکل (۱۰) نشان داده شده است.

بنابراین به عنوان نتیجه کلی می‌توان گفت بدترین تیمار از نظر حفظ رنگ تیمار بدون پیش‌تیمار-سایه می‌باشد و بهترین آنها در هنگام استفاده از دستگاه خشک کن خورشیدی در حالت غیر فعال نمونه پیش‌تیمار شده در محلول سورفوکتانت است. در روش سایه هم استفاده از پیش‌تیمار بلانچ به دلیل حفظ بهتر رنگ توصیه می‌شود. در رابطه با پیش‌تیمار بلانچ بین دو روش سایه و خشک کن خورشیدی اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. پس می‌توان نتیجه گرفت پیش‌تیمار شیمیایی زمانی بر حفظ رنگ ریحان خشک شده تاثیر گذار است که حرارت مورد نیاز آن وجود داشته باشد. یعنی با اندکی حرارت دیدن سبب حفظ بهتر رنگ گیاه می‌شود اما در پیش‌تیمار بلانچینگ نیازی به حرارت نیست. در رابطه با عدم استفاده از پیش‌تیمار روش خشک کردن

در سایه بیشترین میزان تغییرات رنگ را داشته است. پس برای حفظ بهتر رنگ در روش خشک کردن سایه بهتر است از پیش-تیمار بلانچینگ استفاده شود.



شکل ۱۰- مقایسه میانگین اثرمتقابل روش‌های خشک‌کردن و پیش‌تیمارهای مختلف (حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد می‌باشد) بر میزان تغییرات رنگ گیاه خشک شده

نتیجه‌گیری: نتیجه‌گیری کلی بیان می‌دارد که زمان مورد نیاز برای خشک کردن گیاه ریحان در خشک کن خورشیدی بسته به نوع پیش‌تیمار مورد استفاده بین ۷ تا ۱۲ ساعت بود، در حالیکه در روش مرسوم این زمان ۵ روز طول کشید. همچنین می‌توان چنین نتیجه گرفت که استفاده از پیش‌تیمار شیمیایی برای خشک کردن ریحان بسیار مناسب است و زمان خشک شدن را کاهش می‌دهد. از نظر شاخص کیفیت رنگ نیز می‌توان بیان داشت که استفاده از دو پیش‌تیمار بلانچینگ و شیمیایی جهت افزایش سرعت خشک شدن و حفظ کیفیت رنگ بسیار مناسب‌تر از عدم استفاده از پیش‌تیمار است. بر اساس نتایج به دست آمده، استفاده از خشک کن خورشیدی برای خشک کردن سبزیجات برگی و استفاده از پیش‌تیمارها به جای روش مرسوم خشک کردن در سایه توصیه می‌شود.

منابع

توکلی پور، ح.، محمدیان، الف.، شفافی زنوزیان، م.، پدرام نیا، الف. و چایجی، ح. ۱۳۹۰. مدل سازی ریاضی خشک‌کردن لایه نازک ریحان به دو روش آفتابی و خورشیدی، همایش ملی صنایع غذایی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد قوچان.

حبیبی اصل، ج. و بهبهانی، ل. ۱۳۹۱. ساخت و ارزیابی خشک‌کن خورشیدی و تعیین مناسب‌ترین مدل ریاضی نسبت رطوبتی برای خشک کردن نعناع در شرایط استان خوزستان، گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان.

حسینی، م. ۱۳۹۱. تاثیر پیش تیمارهای فیزیکی و شیمیایی بر کیفیت و انرژی مصرفی در خشک کردن قارچ، پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مکانیزاسیون کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز.

خیری، ع. و اله دادی، الف. ۱۳۸۸. بررسی کمیت و کیفیت اسانس قسمت‌های مختلف گیاه داروئی ریحان (*Ocimum basilicum*)، ششمین کنگره علوم باغبانی ایران. دانشگاه گیلان.

لطفعلیان دهکردی، الف. و قضاوی خوراسگانی، م. ۱۳۸۹. بررسی روند خشک شدن پیاز با خشک‌کن خورشیدی غیر فعال و غیر مستقیم، پنجمین همایش ایده‌های نو در کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان

منوچهری زاده، الف. و، سمواتی. و الف، زند مقدم. بررسی روش‌های فرآوری جدید در کیفیت محصولات کشاورزی. اولین کنفرانی ملی راه‌کارهای دستیابی به توسعه پایدار.۱۳۹۲. موسسه آموزش عالی مهراروند.

Ahmed, J., U. Shivhare, and G. Singh. 2001. Drying characteristics and product quality of coriander leaves. Food and bioproducts processing 79: 103-106.

Ayensu, A. 1997. Dehydration of food crops using a solar dryer with convective heat flow. Solar Energy 59: 121-126.

Barbanti, D., D.Mastrocola, G. Pinnavaia, C. Severini, and M. Dalla Rosa.1991. Air drying of fruit. Effects of different pre-treatments on drying rate and product quality. Pages 471-482. 7 th International Drying Symposium in conjunction with the CSISA'90 Congress, Prague, Czech, 08/90.

Doymaz, I. 2004a. Effect of pre-treatments using potassium metabisulphide and alkaline ethyl oleate on the drying kinetics of apricots. Biosystems Engineering 89: 281-287.

Doymaz, I. 2004b. Drying kinetics of white mulberry. Journal of Food Engineering 61: 341-346.

Katahira, M. and E. Bekki. 1997. Heated Air Drying of Garlic Bulb in Air-Bag Type Dryer (Part 1). Journal-Japanese Society Of Agricultural Machinary 59: 71-78.

Midilli, A., Kucuk, H., Yapar, Z. 2002. A new model for single-layer drying. Drying Technology 20: 1503-1513.

Murthy, M. 2009. A review of new technologies, models and experimental investigations of solar driers. Renewable and Sustainable Energy Reviews 13: 835-844.

Rocha, T., A, LebertMarty, and C.Audouin. 1993. Effect of Pretreatments and Drying Conditions on Drying Rate and Colour Retention of Basil (*Ocimum basilicum*). LWT-Food Science and Technology 26: 456-463.