بررسی اثر پارامترهای کنترلی خشک‌کن لایه‌نازک بر میزان پلی فنول و مدت زمان خشک‌کردن چای سبز

محمد شهابی قویونلویی[۱]، شاهین رفیعی[۲*]، سید سعید محتسبی[۲] و سلیمان حسین‌پور[۲]

تاریخ دریافت:۹۲/۸/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۳/۹/۳

۱-گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
۲-گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی دانشگاه تهران، کرج
* مسئول مکاتبه shahinrafiee@ymail.com

چکیده

در این تحقیق، اثر دما و سرعت جریان هوای خشک کن بر مدت زمان رسیدن برگه‌های چای سبز به حالت نیمه خشک و کاملاً خشک شده بررسی گردید. همچنین اثر پارامترهای مذکور بر میزان کل مواد موثر موجود در عصاره محصول خشک شده نیز بررسی گردید. دما و سرعت جریان هوا برای خشک کردن به‌ترتیب برابر: ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰ و ۹۰ درجه سلسیوس و ۰/۵، ۱ و ۱/۵ متربرثانیه انتخاب گردید. داده‌های حاصل از آزمایش شامل: مدت زمان رسیدن نمونه‌های آزمایشی به محتوای رطوبتی ۵۰ و ۱۰ درصد و میزان پلی فنول موجود در عصاره محصول خشک شده بودند. داده‌های آماری آزمایش در طرح فاکتوریل و در قالب بلوک‌های کامل تصادفی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج نشان دادند که با افزایش دما و سرعت جریان هوای خشک‌کن، مدت زمان رسیدن نمونه‌ها به حالت نیمه و کاملاً خشک شده کاهش می‌یابد. تغییر سرعت جریان هوا در دماهای بالا، تغییر چندانی را در مدت زمان خشک شدن ایجاد نکرد. در دماهای پایین، تغییر سرعت جریان هوا بر مدت زمان خشک شدن موثر می‌باشد. میزان پلی فنول استخراجی از عصاره برگه چای سبز خشک شده در دماهای بالا، بیشتر از این میزان در دماهای پایین‌تر شد. ولی اثر سرعت جریان هوا در تغییر دادن این میزان معنی‌دار نبود. به‌دلیل تخریب مواد موثر برگه چای سبز در دماهای بالا و پایین خشک‌کن، استفاده از دماهای متوسط برای خشک کردن این محصول پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: پلی فنول، چای سبز، خشک کردن، عصاره، گیاهان دارویی

۱- مقدمه

اهمیت فرآیندهای پس از برداشت که شامل: روشهای مختلف خشک کردن و تاثیر این روشها بر مواد موثرگیاهان دارویی، ساختار دستگاه‌های طراحی شده بدین منظور، استخراج عصاره و اسانس و روش‌های مختلف استخراج آنها درصنعت، فرآیندهای پس از استخراج، بسته‌بندی و نگه‌داری اندام‌های گیاهی است، بسیار بیشتر از عملیات کاشت، داشت و برداشت محصول است. چه بسا در بسیاری موارد، عدم توجه به این مرحله باعث کاهش چشمگیر و غیر قابل جبران در کمیت و کیفیت مواد موثر دارویی و هدر رفتن کلیه زحمات حاصله در مراحل قبل از برداشت می‌گردد (خدادادی، ۱۳۶۹).

بوتهٔ چای اولین بار هزاران سال پیش درچین درحالی پیدا شد که بطور خودرو می روئید و استفاده ای برای انسان نداشت.چای بعدها بصورت دم کرده برای رفع خستگی مورد استفاده قرار گرفت.این گیاه درحدود صد سال پیش توسط کاشف السلطنهٔ چایکار وارد ایران شد. چای محصول برگهای جوانه گیاه کاملیاسینزیس[۱] است و به فرم های تخمیری (چای سیاه)، غیر تخمیری (چای سبز) و نیمه تخمیری (اولونگ[۲]) مصرف می‌شود. عمده تولید و مصرف چای سبز مربوط به کشور چین است و تولید سالانه این محصول در کشور چین نزدیک به ۷۸۲ هزار تن می باشد که این میزان ۸۰ درصد تولید جهانی چای سبز است. در کشورهای ژاپن، کره جنوبی و اندونزی هم این محصول را تولید و حتی به کشورهای دیگر صادر می کنند. از طرفداران اصلی این نوشیدنی ساکنان آسیای شرقی می‌باشد و به تازگی در اروپای غربی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد (احمدلو، ۱۳۸۹).

یکی از ترکیبات مهم موجود در چای سبز که امروزه مورد توجه علوم پزشکی و داروسازی می باشد، ترکیبات فنولی موسوم به پلی فنلها هستند که بعنوان ترکیبات آنتی اکسیدان نیز مشهورند. محققین خاطرنشان می‌کنند که چای سبز حاوی نوعی پلی‌فنول به

[1]Camelia sinensis
[2]Oolong

نام کاتچین هستند کـه خـواص فیزیـولژیکی و دارویـی زیـادی دارد. کاتچین موجود در چای‌سبز روی اسید چرب وسوخت و ساز بـدن در ناحیه ماهیچه‌ها تاثیرمی‌گذارد و در نتیجـه باعـث طـولانی‌تـر شـدن مدت فعالیت و خسته نشدن انسان می‌گردد. عصاره چای سبز سرشار از آنتی اکسیدان پلی فنولها است. لذا اندازه‌گیری میـزان پلـی فنـول موجود در عصاره چای سبز بسیار مورد توجه واحدهای تولیـدی و از سوی دیگر بازارهای مصرف این محصول می‌باشد (براب و همکـاران، ۲۰۰۵؛ بلومنتال، ۲۰۰۳). خشک کردن سریع و کامل، به حفظ رنگ، مواد معطر و مؤثر گیاه کمک می کند. با توجه به اینکه گیاهـان تـازه درصد رطوبت بالایی دارند (حدود ۷۰ درصد بر پایـه تـر)، بـه خـاطر احتمال کپک زدگی نمی‌توان آنها را به مدت طولانی نگهداری کرد و بایستی رطوبت آنها را به حدی رساند که در مـدت نگهـداری کپـک نزنند (حدود ۱۰ درصد بر پایه تر). تفاوت بین محصولات چای سـیاه با سبز در این است که در فرآیند تولید چای سیاه پلاسیدن و تخمیر کردن برگ چای صورت می‌پذیرد، در حالی کـه چـای سـبز فقـط از خشک کردن سریع برگهای چای به دست مـی آیـد. محـدود کـردن زمان خشک کردن در تثبیت میزان مواد مؤثر موجـود در آن و رنـگ محصول نهایی تأثیر بسزایی دارد (فنگ و تانـگ، ۱۹۹۸). تـلاش هـا در جهت رسیدن به کمترین زمان خشک کـردن همـراه بـا کمتـرین خسارت به ترکیبات پلی فنولی چای سبز صورت می پذیرد.

زیتون و همکاران (۲۰۰۹) اثر دمای خشک کردن و مـدت زمـان انبارداری چای سبز خشـک شـده را در میـزان تغییـرات مـواد مـؤثر موجود در آن بررسی کردند. محصول اولیه مورد آزمایش از دو واریته Arab و Rengit تهیه گردیده و خشک کردن در دو شرایط متفاوت، یکی بلافاصله پس از برداشت و دیگری پس از منجمد نگه داشـتن[1] محصول به مدت دو هفتـه قبـل از خشـک کـردن صـورت پـذیرفت. خشک کردن در دماهای ۴۰، ۵۰ و ۶۰ درجه سلسیوس با استفاده از یک خشک‌کن مواد غذایی خانگی[2] انجام شـد. پـارامتر هـای کیفـی اندازه‌گیری شده شامل: فعالیت های آنتی اکسیدانی، میزان پلی فنول کل و آنتوسیانین‌های کل در عصاره چای سـبز خشـک شـده بودنـد. نتایج این تحقیق نشان دادند کـه تغییـر دمـای خشـک شـدن تـأثیر معنی‌داری در میزان تغییرات پلی فنول کل دارد.

نصیری راد و همکاران (۱۳۸۷) اثر دمـا و مـدت زمـان دم آوری چـای سـبز و همچنـین فصـل برداشـت ایـن محصـول را در میـزان ترکیبات پلی‌فنول موجود در عصاره چای سبز دم آوری شده بررسـی نمودنـد. دماهـا و زمـان‌هـای دم‌آوری بترتیـب: ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درجـه سلسیوس و ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه و فصول برداشت بهار، تابستان و پاییز بودند. خشک کردن برگهای چای سبز با استفاده از آون به مـدت ۲۰ دقیقه با دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس انجام گرفت. نتایج ایـن تحقیـق نشان دادند که تغییرات زمان دم آوری و فصول برداشـت بترتیـب در سطح ۵ درصد و ۱ درصد معنی‌دار بود، ولی تغییرات دمـای دم آوری اثر معنی‌داری بر مقدار کل پلی فنول های عصاره چای سبز نداشـت. مدت زمان دم آوری ۱۵ دقیقه و فصـل برداشـت تابسـتان بیشـترین مقدار پلی فنول را دارا بود. البته بین فصل برداشـت بهـار و تابسـتان تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

مقایسه‌ای بین میزان تغییرات چهار کاتچین[3] اصلی (از مهمتـرین پلـی‌فنـول‌هـای موجـود در چـای سـبز) در اثرتغییـرات دمـای آب مخلوطی با برگه‌های چای سبز خشک شـده و زمـان دم آوری چـای سبز، صورت پذیرفته است. در این تحقیق اثر افزودنی های اسیدی به چای سبز خشک شده ای که در حال دم آوری است، بررسی گردیـد. آزمایش‌ها در زمان‌ها و دماهای دم آوری بترتیب بین ۳ تا ۷ دقیقه و ۷۰ تا ۱۰۰ درجه سلسیوس همراه با افزودن آبلیمو به عنوان افزودنی اسیدی و در یـک حالـت بـدون افزودنـی در دمـای آب ۱۰۰ درجـه سلسیوس انجام گرفت. نتایج نشان داد که افزایش در مدت زمان دم-آوری و استفاده از آب بـا درجـه حـرارت بـالاتر و همچنـین افـزودن آبلیمو به عنوان یک کاهنده PH می‌تواند در ارتقاء میـزان کـاتچین-های محصول نهایی مـؤثر واقـع شـود (زیمرمـان و گلایشـن هـاگن، ۲۰۱۱).

بررسی روش‌های مختلف استخراج بیشترین میزان پلـی‌فنـول از عصاره چای سبز توسط جان و همکاران (۲۰۰۷) انجام گرفت. در این تحقیق عصاره‌گیری از چای سبز خشـک شـده بـر اسـاس سـه روش معمول و یک روش نوین (HHP) صورت پذیرفت. روشـهای معمـول شامل: عصاره‌گیری در دمای اتاق[4]، فراصـوتی[5] و بازتـاب حرارتـی[6] و روش نوین فشار هیدرواستاتیک بالا[7] و مـدت زمـان انجـام عملیـات عصاره‌گیری برای هر یک از روش‌های ذکر شده بترتیب : ۲۰ ساعت، ۹۰ دقیقه، ۴۵ دقیقه و یک دقیقه بود. با بررسـی درصـد پلـی فنـول موجـود در عصـاره هـای بدسـت آمـده بـر اسـاس روش اسـتاندارد مقادیرنزدیک به هم مشاهده گردید (ایـزو، ۱۹۹۴). امـا بـا توجـه بـه اینکه مدت زمان انجام فرآیند تعیین مقدار پلی فنول موجود در چای سبز در روش HHP بسیار کمتر از سایر روش‌ها می باشد و هم‌چنین این روش ایمن‌تر، نیازمند به نیروی کارگری کمتر و سازگار با محیط زیست است، لذا بسیار مورد توجه صـنایع غـذایی و داروسـازی قـرار خواهد گرفت.

مقایسه میزان پلی فنول و کافئین در عصاره چای سـبز بـه روش مایکروویو با دیگر روشهای معمول انجام شده اسـت. در ایـن تحقیـق پس از ترکیب پودر چای سبز خشک شـده بـا یـک حـلال مناسـب،

[1] After harvesting
[2] Food dehydrator

[3] epicatechin EC, epicatechingallate ECg, epigallocatechin EGC, and epigallocatechingallate EGCg
[4] Extraction at room temperature
[5] Ultrasonic extraction
[6] Heat reflux extraction
[7] High hydrostatic pressure extraction method

محلول در مایکروویو قرار گرفت. مدت زمان قرارگیری در مایکروویو (min)، درصد حلال مورد استفاده (Ethanol concentration)، نسبت محلول به مقدار چای سبز استفاده شده (ml/g) و مدت زمان خیساندن چای سبز در دمای اتاق قبل از ترکیب نمودن با حلال (min) بررسی گردید. میزان پلی‌فنول و کافئین استخراجی از عصاره و میزان اختلاف آنها با روش‌های معمول اندازه‌گیری شد. در نهایت این نتیجه حاصل گردید که روش مذکور افزایش ۶ و ۱۰ درصدی بترتیب برای میزان استخراج پلی فنول و کافئین از عصاره چای سبز داشت. هم‌چنین در مدت زمان قرارگیری ۴ دقیقه در مایکروویو و حلال ۵۰ درصدی اتانول و نسبت محلول به وزن خشک نمونه چای سبز ۲۵ میلی‌لیتر به گرم بیشترین میزان استخراج پلی فنول و کاتچین حاصل گردید. خیساندن به مدت حداقل ۴ دقیقه نمونه اولیه قبل از شروع آزمایش بترتیب موجب افزایش ۲۸ و ۳/۵ درصدی مقادیر پلی فنول و کاتچین گردید (پان و همکاران، ۲۰۰۳).

یکی از فرآیندهای مهم در زمینه تثبیت میزان مواد موثر در گیاهان در طول ذخیره سازی و انبارداری، غیرفعال کردن آنزیم می‌باشد. این عمل در یک پروسه دمای بالا و زمان مشخص صورت می پذیرد (گرامزا و همکاران، ۲۰۰۵ و وانگ و همکاران، ۲۰۰۰).

در زمینه بررسی میزان پلی‌فنول چای سبز که از اصلی ترین پارامترهای تعیین کیفیت این محصول است، تحقیقات بسیاری صورت گرفته است، هدف از پژوهش حاضر، تعیین ارتباط بین تغییرات شرایط اولیه خشک کردن شامل: دمای خشک کردن و سرعت جریان هوا در خشک کن از نوع بستر نازک با مدت زمان تغییرات محتوای رطوبتی محصول در حین خشک شدن و میزان پلی‌فنول عصاره محصول خشک شده می باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- تهیه محصول اولیه

برای شروع آزمایش، برگه‌های تازه چای سبز از مزارع واقع در شهر تنکابن ایران (۲۳۰ کیلومتری ساری مرکز استان مازندران) تهیه گردیدند. نژاد بوته چای را با توجه به ظاهر برگ، کیفیت آن، مقاومت به فاکتورهای مهمی از قبیل سرما و خشکی و همچنین ارتفاع رشد به سه نژاد عمده چینی، آسامی، و نوع هیبریدی یا دو رگه تقسیم بندی می کنند. دو نژاد چینی و آسامی از نظر گیاهشناسان نژادهای رسمی هستند.

- نژاد چینی Camellia sinensis
- نژاد آسامی (منطقه آسام هند) Camellia assamica

بر اساس مشخصات ظاهری نمونه‌های آزمایشی و ارتفاع رشد بوته محصول (بین ۵۰ الی ۷۰ سانتی‌متر)، نژاد بوته چای مورد آزمایش از نوع دورگه یا همان هیبریدی می‌باشد.

قسمت مورد استفاده بوته چای برگهای این گیاه می باشد کیفیت نهایی چای ساخته شده به انواع مواد تشکیل دهنده برگ چای وابسته است. جوانه‌های گیاه چای محتوی غلظت بالایی از مواد ضروری سازنده طعم چای می باشند و بیشتر غلظت آنها در جوانه ای است که در حال باز شدن است و در برگها کمتر و در ساقه به کمترین حد می رسد. هدف از برداشت کندن همه جوانه هایی است که دو برگ و یک جوانه یا سه برگ و یک جوانه بوجود آورده‌اند. وقتی که مولفه های کیفی چای مدنظر باشند، مرغوب ترین چای می تواند از شاخساره های لطیف دارای دو تا سه برگ آب دار تولید شود. در برگ چینی دستی علاوه بر شرایط فیزیکی شاخساره ها، روش جمع‌آوری و انتقال شاخساره ها نیز بر کیفیت چای ساخته شده موثر است. در اثر هرس‌های مختلف مخصوصا هرس سالیانه، از کنار برگهایی که روی شاخه سال قبل باقی مانده اند جوانه برگی شروع به رشد می نماید. شکل برگ اولی که روی جوانه ها ظاهر می گردد با شکل برگ‌هایی که بعدا روی شاخه جوان ظاهر می گردند متفاوت است. بطوری‌که این برگها بسیار کوچک بوده دارای کناره های صاف و فاقد دندانه و انتهای برگ نیز گود می باشد. پس از ظاهر شدن اولین برگ، معمولا حدود ۵ برگ می رویند که این برگ‌ها پهن و نوک تیز بوده و دارای ظاهری کشیده و کناره های مضرس می باشند که بصورت مارپیچ ساقه را فرا می گیرند. بطوری‌که این ۵ برگ دو بار ساقه را دور می زنند و در نتیجه برگ ششم در بالای برگ اول ظاهر می‌گردد. با شروع فصل بهار دوره رشد و فعالیت جوانه‌ها آغاز می‌گردد. در این فصل جوانه‌های در حال خواب سال گذشته شروع به فعالیت می‌نمایند.

به منظور جلوگیری از تخمیر، تغییر رنگ و پژمردگی محصول، زمان بین برداشت و خشک کردن محصول باید در فاصله زمانی کم صورت پذیرد.

۲-۲- آزمایش‌های خشک کردن

در این تحقیق، روش انجام آزمایش‌های خشک کردن بصورت لایه نازک بود. توده لایه نازک محصول، ضخامتی از محصول می باشد که دما و رطوبت نسبی هوای خشک کننده در هنگام عبور از آن تغییر نمی‌کند (جایاس و همکاران، ۱۹۹۱). شرایط محیطی آزمایش شامل: رطوبت نسبی بین ۴۰ تا ۴۵ درصد و دمای هوای محیط در بازه دمای اتاق ۲۰ تا ۲۵ درجه سلسیوس بود. آزمایش‌ها توسط یک خشک‌کن لایه نازک آزمایشگاهی ساخته شده در گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی دانشگاه تهران (حسین پور و همکاران، ۲۰۱۱) صورت پذیرفت (شکل ۱). در این خشک کن از یک بادبزن گریز از مرکز (Damandeh, BEF-25/25F4T) با توان ۱/۴ اسب بخار و دبی حجمی ۶۳۰۰ مترمکعب بر ساعت جهت ایجاد جریان هوا استفاده شده است. چهار المنت حرارتی: یک المنت ۷۵۰ واتی در نزدیکی بادبزن بعنوان پیش گرمایشی و سه المنت ۲۰۰۰ واتی به عنوان گرم کننده جریان هوا استفاده گردیدند. حسگرهای دما در سه نقطه ابتدا و انتهای سینی نمونه (PT100) و یک نقطه در

دمای محیط (LM35) قرارگرفته‌اند. اندازه‌گیری بدون وقفه وزن نمونه ها توسط یک حسگر خمشی نیرو (Tedea, Huntleigh, Model 1004) با دقت ۰/۰۰۱ گرم و قابلیت اندازه‌گیری وزن تا سه کیلوگرم انجام پذیرفت. جهت کنترل صحت سرعت جریان هوا، آزمایشهایی با استفاده از یک حسگر دستی اندازه‌گیری سرعت مدل TESTO 405-V1 با دقت ۰/۰۱ متربرثانیه در انتهای سینی نمونه‌ها و در فواصل زمانییک دقیقه‌ای صورت پذیرفت و نوسانات سرعت در حد قابل قبولی بدست آمد. تمام داده‌های اندازه‌گیری شده شامل: دما، سرعت جریان هوا، وزن نمونه و زمان سپری شده در طول آزمایش از طریقیک PLC و الگوریتم نوشته شده در محیط MATLAB 7.7 (Mathworks, Natick, MA) در رایانه ذخیره گردیدند.

برای تنظیمات شرایط اولیه آزمایش که شامل: تنظیم دما، سرعت هوا و صفر کردن لودسل بود، از یک صفحه HMI(FV035ST-C10) استفاده شد تا اجرای گرافیکی دستورات امکان‌پذیر باشد.

در این تحقیق، تیمار دما در پنج سطح دمایی ۵۰، ۶۰، ۷۰،۸۰ و ۹۰ درجه سلسیوس و تیمار سرعت جریان هوا در سه سطح ۰/۵، ۱ و ۱/۵ متر بر ثانیه انجام گرفت. شرایط مورد نظر هر آزمایش شامل دما و سرعت جریان هوا تنظیم شدند. خشک کردن تا زمان رسیدن رطوبت نمونه‌ها به حالت تعادل و ثابت ماندن وزن نمونه‌ها ادامه یافت.

در پایان هر آزمایش،به منظور به دست آوردن رطوبت نهایی،برگه های چای سبز در داخل یک آون در دمای ۱۰۵درجه سلسیوس و به مدت ۲۴ ساعت، قرار گرفتند (آواک، ۱۹۹۰). در نهایت، رطوبت نمونه طی خشک شدن به وسیله فرمول (۱) محاسبه شد و براساس فرمول (۲) نسبت‌های رطوبتی برای هر لحظه از آزمایش تعیین گردیدند.

$$M_d = \frac{W_w - W_d}{W_d} \quad (1), \quad MR = \frac{M_t - M_e}{M_o - M_e} \quad (2)$$

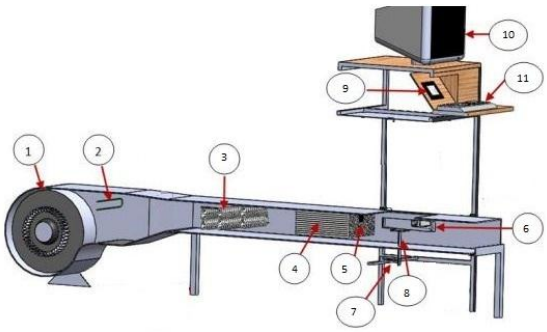
که Md: میزان رطوبت بر پایه خشک(d.b.)

W_w: وزن محصول تر (گرم) W_d: وزن محصول خشک (گرم)

M_R: نسبت رطوبت M_o: رطوبت اولیه

M_t: رطوبت در لحظه جاری M_e: رطوبت تعادلی

نمای روبرو نمای جانبی



شکل (۱): خشک‌کن آزمایشگاهی مورد استفاده :۱- فن، ۲- المنت پیش گرمکنی، ۳- المنت‌های حرارتی، ۴- لوله‌های مستقیم کننده، ۵- حسگرهای دما و سرعت هوا، ۶ –حسگر دما، ۷- لودسل، ۸- صفحه پلتفرم (محل قرارگیری نمونه)، ۹- HMI،۱۰-صفحه نمایش، ۱۱- صفحه کلید

۲-۳- عصاره‌گیری و اندازه‌گیری ترکیبات آنتی اکسیدانی

پس از تهیه نمونه خشک شده چای سبز، جهت استخراج عصاره آن ابتدا بایستی نمونه را پودر نمود. برای انجام این کار از یک آسیاب کن برقی استفاده گردید. نمونه‌ها را به مدت ۱۰ ثانیه در درون آن قرار داده و سپس جهت تعیین یک نمونه پودری با اندازه‌های استاندارد از یک الک ۵۰۰ میکرونی استفاده گردید (چن و همکاران، ۲۰۰۶). عصاره‌گیری براساس روش ارائه شده در استاندارد ISO 14502-1 صورت گرفت. در این روش ابتدا ۰/۲ گرم از پودر نمونه تهیه شده توسط یک ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن شده و سپس ۵ میلی لیتر از محلول متانول ۷۰ درصد به نمونه اضافه شد. جهت استخراج عصاره، محلول تهیه شده به مدت ۱۰ دقیقه در دمای اتاق توسط یک همزن مغناطیسی تحت لرزش قرار می گرفت. پس از جدا نمودن محلول بالای نمونه، این مراحل مجددا تکرار می شد تا در نهایت ۱۰ میلی لیتر عصاره از مقدار نمونه خشک اولیه، حاصل گردید (استاندارد، ISO 14502-1).

با توجه به اینکه اندازه‌گیری مقادیر پلی فنول‌ها بر اساس خواندن میزان جذب نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتری و قرارگیری در منحنی استاندارد کالیبراسیون است، بنابراین محلول‌های استاندارد

گالیک اسید تهیه گردیدند. برای تهیه این محلول‌ها مقدار ۰/۵ گرم گالیک اسید را با ۱۰ میلی لیتر اتانول خالص مخلوط کرده و به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده تا محلول استوک ۵ گرم بر لیتر بدست آید. سپس در ۵ بالن ۱۰۰ میلی لیتری بترتیب ۱، ۲، ۳، ۵ و ۱۰ میلی لیتر از محلول استوک تهیه شده ریخته و به حجم ۱۰۰میلی لیتر رسانیده شد تا محلول‌های استاندارد ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر گالیک اسید تهیه گردد. عصاره تهیه شده به رقت ۵۰ برابر رسانیده شد و ۰/۱ میلی لیتر از هر یک از محلول‌های استاندارد و عصاره رقیق شده در بالنهای جداگانه ۱۰میلی‌لیتری ریخته و به هریک ۰/۵ میلی لیتر معرف فولین- سیکالتو[1] اضافه گردید. بالن ها تا ۸ میلی گرم با آب مقطر به حجم رسانده شدند. پس از اینکه محلول کاملا مخلوط شد، با گذشت ۸ دقیقه میزان ۱/۵ میلی لیتر محلول سدیم کربنات ۸ درصد به محلولها اضافه گردید. در نهایت پس از گذشتن ۲ ساعت از آماده نمودن محلول‌ها و ظهور رنگ آبی در هر یک از آنها، جذب هر یک در مقابل نمونه شاهد در دستگاه طیف سنج نوری UV-VIS[2] ساخت کارخانه Shimadzu مدل PC-۱۶۰۱ در طول موج ۷۶۵ نانومتر قرائت گردید. با قرار دادن جذب نمونه ها در منحنی استاندارد، مقدار میلی گرم پلی فنول آنها بر حسب گالیک اسید بدست آمد.

۲-۴- بررسی اثر دما و سرعت جریان هوای خشک کن بر مدت زمان خشک شدن و مقادیر پلی فنول

برای بررسی اثر تغییرات دما و سرعت جریان هوای درون خشک کن، مقادیر مدت زمان رسیدن نمونه‌ها به محتوای رطوبتی ۵۰ درصد و ۱۰ درصد در طول انجام آزمایش‌ها که بترتیب مدت زمان نیم خشک شدن و خشک شدن کامل را نشان می دهند، بعنوان داده‌های مورد نیاز برای آنالیز آماری استفاده گردیدند. همچنین از میزان پلی‌فنول بدست آمده از هر نمونه که برحسب میلی گرم به ازای هر گرم ماده خشک می‌باشد نیز بعنوان یک پارامتر وابسته به شرایط مختلف خشک شدن استفاده گردید. در نهایت، این آزمایش به شکل فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار انجام و داده‌ها توسط نرم افزار SPSS V.19 تجزیه و تحلیل گردیدند. دو تکرار برای استخراج میزان پلی‌فنول مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

۳- نتایج و بحث

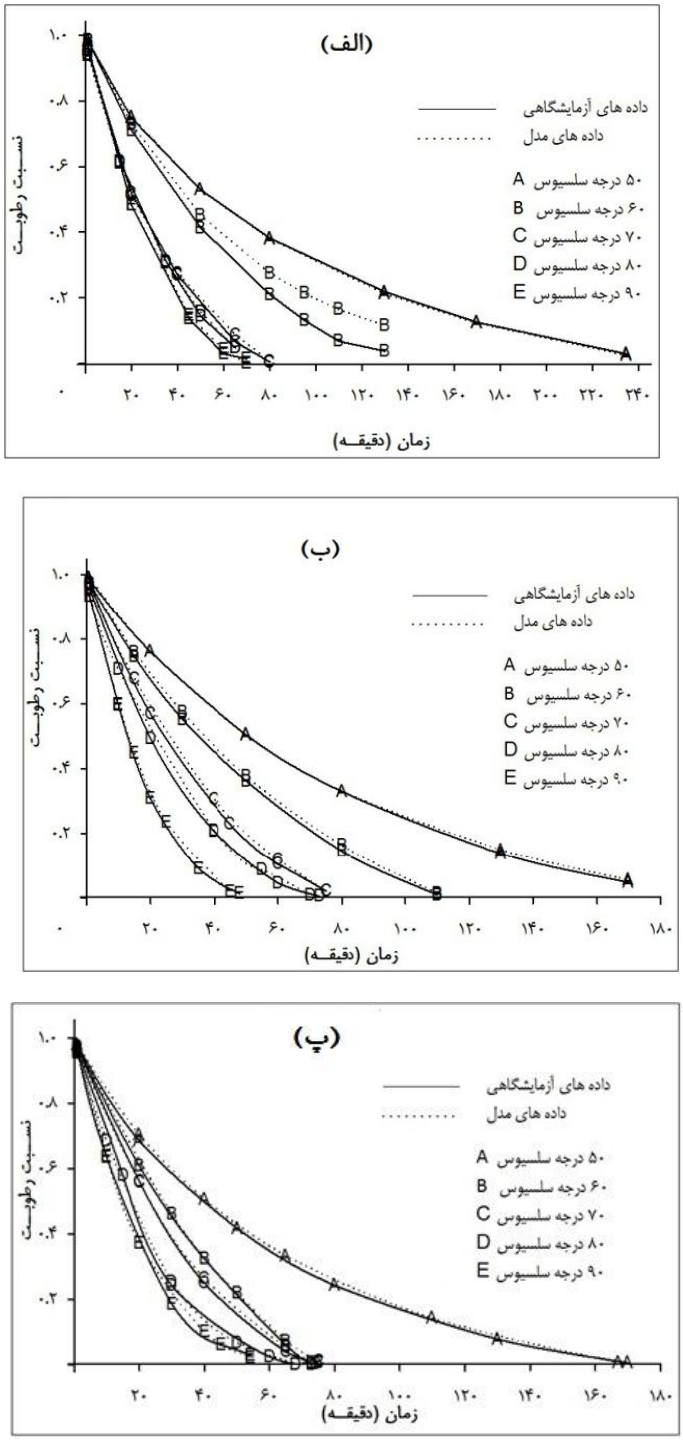
۳-۱- بررسی اثر عوامل موثر خشک کن درمدت زمان خشک شدن

مدت زمان رسیدن نمونه در حال خشک شدن به محتوای رطوبتی ۵۰ درصد و ۱۰ درصد در شرایط مختلف آزمایشی محاسبه و ثبت گردید. اثر تغییرات دما و سرعت جریان هوا بر روی محتوای رطوبتی در طول مدت زمان خشک شدن محصول در شکل (۲) مشهود است. فرآیند خشک کردن تا رسیدن رطوبت نمونه‌ها به مقدار تعادلی ادامه یافت. رطوبت اولیه نمونه‌ها در ابتدای انجام آزمایش، بین ۷۰ تا ۷۵ درصد (برپایه تر) بود و در پایان آزمایش به هفت تا ۱۰ درصد رسید. در تحقیقی که فرایند خشک شدن چای جهت تولید چای سیاه را مورد بررسی قرار دادند (تمپل و باکستل، ۲۰۰۱)، نیز مقادیر رطوبت اولیه با تحقیق انجام شده برابر بوده، ولی رطوبت نهایی کمتر از مقدار به‌دست آمده در این تحقیق (دو و نیم تا سه درصد بر مبنای تر) گزارش شد. علت آن این است که فرآیند خشک کردن در تولید چای سبز در مدت زمان طولانی‌تر و دمای کمتر نسبت به چای سیاه انجام می‌گیرد. داده های بدست آمده بوسیله آزمایش فاکتوریل با دو فاکتور دمای خشک کن (در پنج سطح ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰ و ۹۰ درجه سلسیوس) و سرعت هوای خشک کن (درسه سطح ۰/۵، ۱ و ۱/۵ متر بر ثانیه) براساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی تجزیه و تحلیل شده و نتایج در جدول‌های ۱ تا ۴ آورده شده اند.

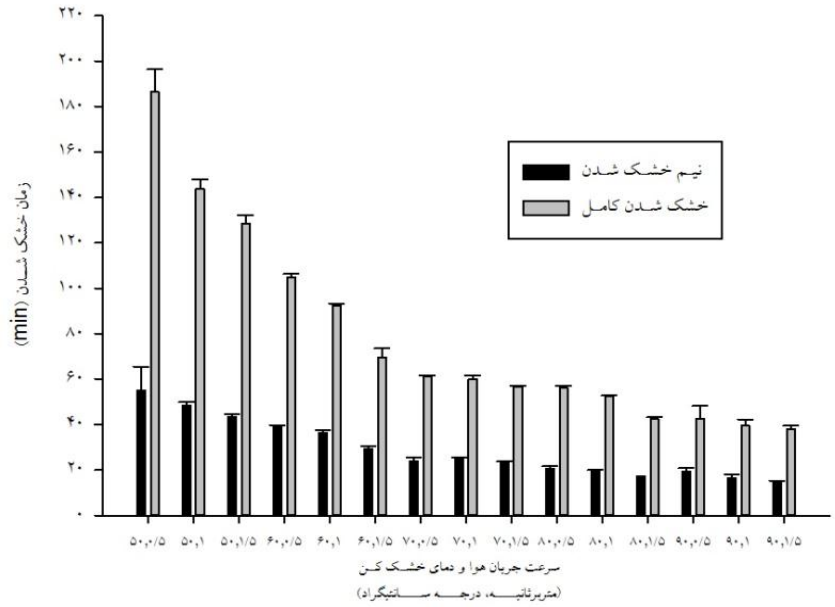
مطابق با جدول تجزیه واریانس (جدول ۱)، اثر تیمار، سرعت و دما برای هر دو حالت نیم خشک شدن و خشک شدن کامل در سطح ۱٪ معنی‌دار شده است. در حالی که اثر تکرار در هیچ کدام معنی‌دار نیست. هم‌چنین اثر متقابل دما و سرعت جریان هوا برای خشک شدن کامل نیز در سطح ۱٪ معنی‌دار می‌باشد. بر اساس جداول ارائه شده مربوط به آزمون چند دامنه ای دانکن، با افزایش سرعت جریان هوای خشک کن و هم‌چنین افزایش دمای هوا، مدت زمان فرآیند خشک شدن کاهش می یابد و همان‌طور که در جداول ۲ و ۳ مشاهده می‌گردد، اختلاف زمان خشک شدن در حالت خشک شدن کامل در دما و سرعت بالاتر بیشتر می‌باشد.

همان‌طور که در شکل (۳) مشاهده می‌گردد، اختلاف زمانی در خشک کردن در دماهای پایین‌تر (دماهای ۵۰ و ۶۰ درجه سیلیسوس) بسیار زیاد است، در حالی که در دماهای بالاتر (دماهای ۷۰، ۸۰ و ۹۰ درجه سیلیسوس) مدت زمان خشک شدن به هم نزدیک است. هم‌چنین اثر تغییرات سرعت جریان هوا در دماهای بالاتر تاثیر چندانی بر مدت زمان خشک شدن نمی گذارد. علت این مشاهدات را میتوان این گونه بیان نمود که با توجه به اینکه از دست دادن رطوبت از سطح برگه های چای سبز بیشتر صورت می پذیرد و در دماهای پایین از شدت این عمل کاسته می شود، بنابراین افزایش سرعت جریان هوا می‌تواند عامل مؤثر در خروج رطوبت از سطح برگه در دماهای پایین‌تر باشد. نتایج کار بسیاری از محققین مشابه با موارد ذکر شده است (آغباشلو و همکاران، ۲۰۰۹؛ کایا و آیدین، ۲۰۰۹؛ پان و همکاران، ۲۰۰۳؛ سان و وودز، ۱۹۹۴).

[1] Folin-Ciocalteu
[2] Spectrophotometry



شکل (۲): مقایسه منحنی خشک شدن براساس داده‌های آزمایشگاهی با مدل نیوتونی برتر (میدیلی و همکاران)در سرعت الف) ۰/۵، ب) یک و پ) ۱/۵ متر بر ثانیه در دماهای مورد آزمایش.



شکل (۳): منحنی تغییرات مدت زمان خشک شدن در سرعت و جریان هوای مختلف خشک کردن

جدول (۱): تجزیه واریانس مدت زمان خشک شدن بر اساس دو فاکتور سرعت و دمای هوای خشک‌کن

منابع تغییرات	درجات آزادی	نیم خشک شدن			خشک شدن کامل		
		مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
تیمار	۱۶	۲۴۴۶۵۹۶۵/۵۵۶	۱۵۲۹۱۲۲/۸۴۷	۱۶/۰۴۳*	۸E۲/۹۶۶	۱۸۵۳۶۶۲۵/۳۹۷	۱۴۰/۰۹۴*
تکرار	۲	۱۳۵۰۵۷/۲۴۴	۶۷۵۲۸/۶۲۲	۰/۷۰۸ns	۴۶۶۱۳۷/۷۷۸	۲۳۳۰۶۸/۸۸۹	۱/۷۶۱ns
سرعت	۲	۱۰۳۵۶۶۱/۵۱۱	۵۱۷۸۳۰/۷۵۶	۵/۴۳۳*	۱۴۵۷۴۵۵۰/۵۷۸	۷۲۸۷۲۷۵/۲۸۹	۵۵/۰۷۵*
دما	۴	۲۲۸۲۲۳۳۸/۰۸۹	۵۷۰۵۵۸۴/۵۲۲	۵۹/۸۶*	۸E۲/۶۸۳	۶۷۰۸۴۰۵۷/۸۱۱	۵۰۷/۰۰۲*
سرعت × دما	۸	۴۷۲۹۰۸/۷۱۱	۵۹۱۱۳/۵۸۹	۰/۶۲ns	۱۳۲۰۹۰۸۶/۷۵۶	۱۶۵۱۱۳۵/۸۴۴	۱۲/۴۷۹*
خطای آزمایش	۲۸	۲۶۶۸۸۱۸/۷۵۶	۹۵۳۱۴/۹۵۶		۳۷۰۴۸۲۴/۸۸۹	۱۳۲۳۱۵/۱۷۵	
کل	۴۵	۸E۱/۶۰۹			۹E۱/۲۹۲		

*معنی‌دار در سطح ۱ درصد و ns غیر معنی‌دار

جدول (۲): مقایسه میانگین زمان خشک شدن در سرعت جریان هوای خشک‌کن بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن (در سطح ۵٪)

سرعت جریان هوای خشک‌کن (m/s)	مدت زمان نیم خشک شدن (min)	مدت زمان خشک شدن کامل (min)
۱/۵	۲۵/۴۳۴۴a	۶۶/۹۷۷۷a
۱	۲۹/۰۸۴۴ba	۷۷/۶۱۳۳b
۰/۵	۳۱/۶۴۸۸b	۹۰/۱۸۴۴c

جدول (۳): مقایسه میانگین مدت زمان خشک شدن در دمای هوای خشک‌کن بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن (در سطح ۵٪)

دمای هوای خشک‌کن(^{0}C)	مدت زمان نیم خشک شدن(min)	مدت زمان خشک شدن کامل(min)
۹۰	۱۶/۶۷۴a	۴۰/۰۷۲۲۲a
۸۰	۱۹/۱۲۷۷ab	۵۰/۲۵۷۴b
۷۰	۲۴/۰۱۶۶b	۵۹/۲۵۹۲c
۶۰	۳۵/۰۲۲۲c	۸۸/۸۳۳۳d
۵۰	۴۸/۸۵۵۵d	۱۵۲/۸۷۰۳e

۳-۲- بررسی تاثیر شرایط خشک کردن بر میزان پلی‌فنول استخراجی

با توجه به اینکه معرف فولین- سیکالتو ته نشینی نمی‌باشد و باعث تغییر رنگ زیادی در محلول بدون کاهش کیفیت محسوس می-شود. بعنوان یک معرف مناسب برای تخمین فنول گیاهان بر اساس بازده رنگی، طیف امواج، زمان و دمای انجام فرآیند و تداخل طیفی استفاده میگردد و استاندارد گالیک اسید جهت کالیبراسیون می تواند توصیه گردد (سینگلتون و همکاران، ۱۹۹۹؛ سینگلتون و روسی، ۱۹۶۵).

نتایج حاصل از قرائت میزان جذب دستگاه توسط غلظت گالیک اسید با ضریب رگرسیونی مناسب کالیبره گردیدند ($R^2 = 0.998$). داده‌های به دست آمده به وسیله آزمایش فاکتوریل با دو فاکتور دمای خشک‌کن (در پنج سطح ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰ و ۹۰ درجه سلسیوس) و سرعت هوای خشک کن (در سه سطح ۰/۵، ۱ و ۱/۵ متر بر ثانیه) براساس طرح بلوک کامل تصادفی تجزیه و تحلیل شده و نتایج در جدول‌های (۵) تا (۷) آورده شده اند.

با توجه به جدول تجزیه واریانس (۵)، اثر تیمار و دما بر میزان پلی فنول استخراجی در سطح ۱٪ معنی دار شد. همچنین اثر تکرار و اثر متقابل سرعت و دما بر این میزان نیز در سطح ۵٪ معنی‌دار گردید. در حالی که تغییرات سرعت به تنهایی تاثیر معنی‌داری در میزان تغییرات پلی‌فنول استخراجی نداشت. همانطور که در جدول مقایسه میانگین (۶) بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن مشاهده می گردد، با افزایش دما تا ۸۰ درجه سیلیسوس، میزان پلی فنول استخراجی افزایش یافته است و در دمای بالاتر از ۸۰ درجه سیلیسوس این میزان کاهش می یابد. همچنین در جدول مقایسه میانگین (۷)، که اثر متقابل سرعت و دما با یکدیگر مقایسه شده است، دماهای متوسط (۷۰ و ۸۰ درجه سیلیسوس) در بالاترین دسته از نظر میزان پلی فنول قرار گرفته اند (شکل۴).

جدول (۴): مقایسه میانگین مدت زمان خشک‌شدن کامل در سرعت‌ها و دمای هوای خشک‌کن براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن (در سطح ۵٪)

تیمار بر اساس سرعت (m/s) و دمای خشک‌کن (^{0}C)	زمان خشک شدن کامل (min)
سرعت ۱/۵ و دما ۵۰	۳۸/۰۲۲۲a
۱ و ۵۰	۳۹/۵۱۱۱a
۱/۵ و ۶۰	٤۲/۳٦٦۷ab
۱ و ۶۰	٤۲/٦۸۳۳ab
۰/۵ و ۵۰	۵۲/۳٦٦۷bc
۰/۵ و ۶۰	۵٦/۰۳۸۹c
۰/۵ و ۹۰	۵٦/۷c
۱ و ۷۰	٦۰/۰۳۸۹cd
۱/۵ و ۷۰	٦۱/۰۳۸۹cd
۰/۵ و ۷۰	٦۹/۳۷۷۸d
۱ و ۹۰	۹۲/۳۸۸۹e
۰/۵ و ۸۰	۱۰٤/۷۳۳۳f
۱/۵ و ۸۰	۱۲۸/٤۲۲۲g
۱ و ۸۰	۱٤۳/۷٦۱۱h
۱/۵ و ۹۰	۱۸٦/٤۲۷۸k

جدول (۵): تجزیه واریانس میزان پلی فنول استخراجی بر اساس دو فاکتور سرعت و دمای هوای خشک‌کن

منابع تغییرات	درجات آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
تیمار	۱۵	۵۷۴۵۴/۸۶۷	۵۳۹۱۸۹/۲۳	۷/۵۴۲*
تکرار	۱	۳۱۲۱/۲	۳۱۲۱/۲	۶/۱۴۷**
سرعت	۲	۵۳۱/۲۶۷	۲۶۵/۶۳۳	۰/۵۲۳ns
دما	۴	۳۸۹۵۴/۳۳۳	۹۷۳۸/۵۸۳	۱۹/۱۷۶*
سرعت × دما	۸	۱۴۸۴۸/۰۶۷	۱۸۵۶/۰۰۸	۳/۶۵۵**
خطای آزمایش	۱۴	۷۱۰۹/۸	۵۰۷/۸۴۳	
کل	۳۰	۴۷۰۵۶۸		

*معنی‌دار در سطح ۱ درصد،**معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ns غیر معنی‌دار

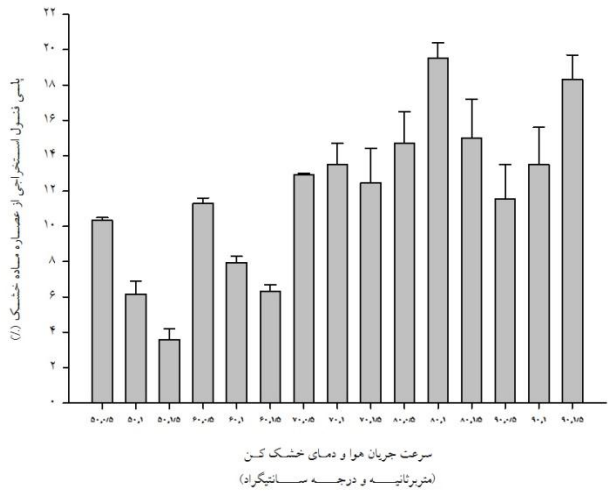
همانطور که در شکل (۴) مشاهده می‌گردد، در دمای ۹۰ درجه سیلیسوس از میزان پلی‌فنول کاسته شده است که این نتیجه را میرساند که فرآیند از آستانه تخریب گذشته است که با نتیجه تحقیق لی و همکاران (۲۰۰۶) مطابقت دارد. با این‌که در نتایج قبل (شکل۲) اشاره گردید که در دماهای بالا می‌توان مدت زمان انجام فرآیند و هم‌چنین اثر تخریب مواد موثر ناشی از طولانی شدن زمان خشک کردن را کاهش داد (گاراو و همکاران، ۲۰۰۷)، ولی با توجه به اینکه در این دماها از بین رفتن ماده موثر صورت می‌پذیرد، بنابراین بهترین حالت برای خشک‌کردن برگه چای سبز دمای ۸۰ درجه سیلیسوس و سرعت جریان هوای ۱ تا ۱/۵ متربرثانیه می‌باشد. با توجه به این‌که نتایج بدست آمده در این تحقیق از نظر میزان استخراج پلی‌فنول، با تحقیقات به عمل آمده در این زمینه مطابقت دارد (چن و همکاران، ۱۹۹۶؛ کاخار و ماگنوسداتیر، ۲۰۰۲؛ لو و همکاران، ۲۰۱۲؛ مانزوکو و همکاران، ۱۹۹۸؛ پان و همکاران، ۲۰۰۳؛ تانیزاوا و همکاران، ۱۹۸۴)، بنابراین شرایط ذکر شده برای خشک‌کن مورد استفاده را می‌توان به عنوان معیاری برای رسیدن به محصول خشک شده با کیفیت مناسب دانست.

جدول (۶): مقایسه میانگین میزان پلی فنول در دمای هوای خشک‌کن بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن (در سطح ۵٪)

دمای هوای خشک‌کن(^{0}C)	میزان پلی فنول mg/gr
۵۰	۶۷/۰۰a
۶۰	۸۵/۱۶۶۷a
۷۰	۱۲۱/۰۰b
۸۰	۱۶۴/۰۰c
۹۰	۱۴۴/۵bc

جدول (۷): مقایسه میانگین میزان پلی‌فنول درسرعت‌ها و دمای‌هوای‌خشک‌کن براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن (در سطح ۵٪)

تیمار براساس سرعت (m/s) و دمای خشک‌کن (^{0}C)	میزان پلی فنول در ماده خشک (mg/gr)
سرعت ۱/۵ و دما ۵۰	۳۶ a
۱ و ۵۰	۶۱/۵ ab
۱/۵ و ۶۰	۶۳ ab
۱ و ۶۰	۷۹/۵ abc
۰/۵ و ۵۰	۱۰۳/۵ bcd
۰/۵ و ۶۰	۱۱۳ bcd
۰/۵ و ۹۰	۱۱۵/۵ bcde
۱ و ۷۰	۱۲۲ bcde
۱/۵ و ۷۰	۱۲۴/۵ bcde
۰/۵ و ۷۰	۱۲۹ bcde
۱ و ۹۰	۱۳۵ cde
۰/۵ و ۸۰	۱۴۷ cde
۱/۵ و ۸۰	۱۵۰ de
۱ و ۸۰	۱۷۲ de
۱/۵ و ۹۰	۱۸۳ e



شکل (۴): اثر تغییرات سرعت و دمای هوای خشک کن بر میزان پلی فنول استخراجی از عصاره چای سبز خشک شده

۴- نتیجه‌گیری

اثر شرایط مختلف مربوط به تنظیمات خشک‌کن از نظر دما و سرعت جریان هوا در حین خشک شدن برگ‌های چای سبز بر روی مدت زمان خشک شدن و میزان مواد موثر (پلی فنول) در محصول خشک شده بررسی گردید. با افزایش دما و سرعت جریان هوا، مدت زمان خشک شدن کاهش می‌یابد. اختلاف مدت زمان خشک شدن در بین دماهای بالا نسبت به دماهای پایین‌تر زیاد است و اثر سرعت جریان هوا در دماهای بالا ناچیز می‌باشد. افزایش سرعت جریان هوا در دماهای پایین، سبب تسهیل در خروج رطوبت از سطح برگهای چای سبز می‌گردد. تغییر دمای خشک شدن تاثیر معنی‌داری در میزان پلی‌فنول استخراجی از محصول خشک شده داشت، ولی اثر سرعت در میزان تغییرات این مواد معنی‌دار نشد. در دماهای پایین بعلت طولانی شدن زمان خشک شدن، میزان پلی‌فنول کاهش یافت. با افزایش دمای خشک کردن تا ۸۰ درجه سیلیسوس، میزان پلی-فنول استخراجی از عصاره نیز افزایش یافت، ولی در دمای بالاتر از ۸۰ درجه سیلیسوس این میزان کاهش یافت. علت این مشاهدات را می‌توان تخریب مواد موثر بر اثرطولانی شدن زمان خشک شدن و استفاده از دمای بالا دانست.

سپاس‌گزاری

نویسندگان این مقاله از گروه مهندسی ماشین های کشاورزی دانشگاه تهران به جهت فراهم نمودن فضا و امکانات مناسب در طول انجام تحقیق، کمال تشکر و سپاس‌گزاری را دارند.

منابع مورداستفاده

احمدلو، ن. **چای سبز مرغوب را از کجا بشناسیم؟**. هفته نامه سلامت (صنایع غذایی). ۳۱۱: ۲۶. www.salamat.ir. ۱۳۸۹.

خدادادی، ر. چای، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران، صفحات ۳ و۹. ۱۳۶۹.

نصیریراد، ر.، م. ح.، حداد خداپرست، ا. ح.، الهامیراد و ش. روفیگری حقیقت. **بررسی تغییرات میزان کل ترکیبات فنولیک در چای سبز ایرانی دم آوری شده**. هجدهمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی ایران . ۱۳۸۷.

Aghbashlo, M., M. Kianmehr and H. Samimi-Akhijahani. 2009. *Evaluation of thin-layer drying models for describing drying kinetikc of barberries (barberries vulgaris)*.Journal of Food Process Engineering. 32(2): 278-293.

Berube, S., C. Pelletier, J. Dore and A. Tremblay. 2005. *Effects of encapsulated green tea and Guarana extracts containing a mixture of epigallocatechin-3-gallate and caffeine on 24 h energy expenditure and fat oxidation in men*. Journal of Nutrition. 94: 432-436.

Blumenthal, M. 2003. *The ABC Clinical Guide to Herbs.Thieme Medical publishers*. 512: 335-349.

Chen C.C., L.L. Shi and C.C.Chen. 1996. *Effect of extraction temperature and time on polyphenol contents and composition and sensory quality of oolong tea infusion.* Food Sci. Taiwan.23: 285-298.

Chen Q., J. Zhao, X. Huang, H. Zhang and M. Liu. 2006. *Simultaneous determination of total polyphenols and caffeine contents of green tea by near-infrared reflectance spectroscopy*. Microchemical Journal 83: 42–47.

Feng H and J. Tang.1998. *Microwave finish drying of diced apples in a spouted bed*. Journal of Food Science. 63(4): 679-683.

Garau M., S. Simal, C. Rossello, A. Femenia. 2007. *Effect of air-drying temperature on physic-chemicalproperties of dietary fibre and antioxidant capacity of orange (Citrus aurantium v. Canoneta) by-products.* Food Chemistry 104: 1014–1024.

Gramza A., J. Korczak and R. Amarowicz. 2005. *Tea polyphenols-their antioxidant properties and biological activity-A Review.*Pol. J. Food Nutr. Sci. 14: 219-35.

Hosseinpour, S., S. Rafiee and S.S. Mohtasebi. 2011. *Application of Image Processing to Analyze Shrinkage and Shape Changes of Shrimp Batch during Drying*. Journal of Drying Technology, 29(12): 1416-1438.

International Standard Organization. 1994. *Determination of Individual Catechins and Total Polyphenols in Tea,* ISO TC 34/SC 8 N 444.

International Standard Organization). 2003. Determination of substancescharacteristic of green and black tea. ISO 14502-1.

Jayas, D.S., S. Cenkowski, S. Pabis and W.E. Muir.1991. *Review of thin layer drying and wetting equations*. Journal of Drying Technology, 9(3): 551-588.

Jun X., SH. Deji, Z. Shou, L. Bingbing , L. Ye and Z. Rui. 2007.*Characterization of polyphenols from green tea leaves using high hydrostatic pressure extraction.* International Journal of Pharmaceutics 382: 139–143.

Kaya, A and O. Aydın. 2009. *An experimental study on drying kinetics of some herbal leaves*. Energy Conversion and Management. 50: 118–124.

Khokhar, S and S. G.M. Magnusdottir. 2002. *Total Phenol, Catechin, and Caffeine Contents of Teas Commonly Consumed in the United Kingdom.* J. Agric. Food Chem.50: 565-570.

Li, B.B., B. Smith, and M.D.M. Hossain. 2006. *Extraction of phenolics from citurs peels. I. Solvent extraction method*. Separation and Purification Technology, 48: 182–188.

Lou, Z., C. Er, J. Li, H. Wang, S. Zhu and J. Sun.2012. *Removal of caffeine from green tea by microwave-enhanced vacuum ice water extraction.*Analyticachimicaacta. 716: 49-53.

Manzocco L., M. Anese, and M.C. Nicoli. 1998. *Antioxidant properties of extracts as affected by processing.Lebensm.*Wiss. -Technol. 31: 694-698.

Pan X., G. Niu and H. Liu. 2003. *Microwave-assisted extraction of tea polyphenols and tea caffeine from green tea leaves.*Chemical Engineering and Processing 42: 129 -133.

Singleton V. L., R. Orthofer and R.M. 1999. Lamuela-Raventos. *Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent.*Methods Enzymol. 299: 152-178.

Singleton V.L. and J.A. Rossi. 1965. *Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents.* Amer. J. Enol, 16: 144-58.

Sun, D. W. and J.L. Woods. 1994.*Low temperature moisture transfer characteristics of wheat in thin layers.* Transactions of the ASABE, 37 (6): 1919-1928.

Tanizawa, H., S. Toda, Y. Sazuka, T. Taniyama, T. Hayashi, S. Arichi, Y. Takino and I. Natural antioxidants. 1984. Natural antioxidants.

Antioxidative components of tea leaf. Chem. Pharm. Bull. 32; 2011-14.

Temple, S.J and A.J.B. Boxtel. 2001.*Automatic Endpoint Determination for Batch Tea Dryer.* Journal of Agriculture Engineering, 58: 51-56.

Wang, H., G. Provan and K. Helliwell. 2000. *Tea flavonoids: their functions, utilisation and analysis*. Food Science & Technology 11: 152-60.

Zaiton, H., I. Suzila, M.M.B. Ahmed-Mahir, Y. Salmah and H. Chkzaini. 2009. *Quality of roselle tea as affected by drying temperature and storage time*. Prosiding Seminar Kimia Bersama.

Zimmermann, B. F., M. Gleichenhagen. 2011. *The effect of ascorbic acid, citric acid and low pH on the extraction of green tea: How to get most out of it.*Food Chemistry 124: 1543–1548.

Effects of Main Parameters of a Thin-Layer Dryer on Extraction of the Green Tea Poly Phenols and Drying Duration

M. Shahabi Ghoyonloe[1], Sh. Rafiee[2*], S. S. Mohtasebi[2] and S. Hosseinpour[2]

Received: 2 Nov 2013 Accepted: 24 Nov 2014
[1]Department of Agricultural Machinery, University of Fedowsi Mashhad, Iran.
[2]Department of Agricultural Machinery, University of Tehran. Karaj, Iran.
*Coressponding author: shahinrafiee@ymail.com

Abstract

In this study, the effects of drying air temperature and airflow rate on the drying duration of semi-dried and completely dried green tea were determined. Also, their effects on the ingredients of the extaction from green tea leaves were determined. Drying temperatures and airflow rates were: 50, 60, 70, 80 and 90 °C and 0.5, 1 and 1.5 m/s. The recorded data were: the drying duration and the amount of poly phenols available in the dried leaves extractions. A factorial statistical experiment was conducted by randomized complete block design. The results showed that with increasing temperature and drying airflow rate, the required time to reach half and completely dried samples are decreased.The variation in the airflow rate at high temperatures did not have any significant effect on drying duration. However, at the low temperatures the variation in airflow rate had significant influence on the drying duration. The amount of poly phenols extracted from green tea leaves dried at high temperatures was more than that for those dried at low temperatures. However, the airflow velocity did not show any significant effect on the indredients of the extraction. Due to destruction of the ingredients of green tea at both high and low temperatures of dryer, it is recommended to use the average temperatures in drying process.

Keywords: Drying, Extraction, Green tea, Poly phenols, Medicinal plants