

## ساخت و ارزیابی دستگاه مالش خانگی چای به روش ارتدکس

مصطفی مهدوی<sup>۱</sup> و محسن آزادبخت<sup>۲\*</sup>

### چکیده

چای، این نوشیدنی محبوب، به چندین روش تولید می‌شود که یکی از روش‌هایی که در ایران نیز از آن بهره می‌برند، روش ارتدکس است. در این روش، چای ابتدا پلاس و سپس مالش داده می‌شود و بعد از گذراندن دوره تخمیر، وارد دستگاه خشک‌کن می‌شود. این تحقیق به منظور بررسی کیفیت چای در بخش مالش، دو عامل سرعت و فاصله استوانه از کف دستگاه را مورد ارزیابی قرار داده است. برای بررسی تأثیر سرعت و فاصله استوانه بر کیفیت چای نهایی، ابتدا با استفاده از نرم‌افزار SOLIDWORKS 2021، دستگاهی مشابه با مالش چای به روش ارتدکس و با ظرفیت ۱۰ کیلوگرم طراحی و سپس ساخته شد. نمونه‌ها پس از توزین به قسمت‌های ۱۰ کیلوگرمی تقسیم شدند و ۲۷ مرتبه با سرعت‌های ۲۰، ۳۰ و ۴۰ دور بر دقیقه، فاصله‌های ۲، ۳ و ۴ سانتی‌متر و با دستگاه مالش چای خانگی ۱۰ کیلویی مالش داده شدند. نمونه‌های مالش داده شده از لحاظ درصد شکست و مدت زمان مالش بررسی شدند. با توجه به بررسی نتایج و تحلیل جداول مقایسه میانگین، مشاهده شد که در دور ثابت، در بین تمامی سطوح فاصله، اختلاف معنی‌داری بین مقادیر درصد شکست و زمان وجود دارد و هرچه فاصله استوانه از کف دستگاه کم‌تر باشد درصد شکست بیش‌تر و زمان مالش کوتاه‌تر خواهد شد. در فاصله ثابت، در بین برخی از سطوح سرعت دوران، اختلاف معنی‌داری بین مقادیر زمان وجود ندارد، اما مقادیر درصد شکست در فاصله ثابت با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند و هرچه سرعت دورانی بیش‌تر باشد، درصد شکست نیز افزایش پیدا می‌کند. با توجه به نیاز به سرعت در انجام فرآیند در کنار حفظ کیفیت، سرعت و فاصله پیشنهادی، دور ۲۰ دور بر دقیقه و فاصله ۳ سانتی‌متر است.

واژه‌های کلیدی: مالش، چای، برگ سبز، فراوری، سرعت مالش، فشار مالش.

ارجاع: مهدوی م. و آزادبخت م. ۱۴۰۳. ساخت و ارزیابی دستگاه مالش خانگی چای به روش ارتدکس. نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی. ۱۰۱-۱۰۷. <https://dx.doi.org/10.22034/JRMAM.2024.14631.690>.

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.  
۲- استاد گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

\* نویسنده مسئول: [azadbakht@gau.ac.ir](mailto:azadbakht@gau.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۱۶

## مقدمه

چای با نام علمی *Camellia sinensis* و از خانواده *Theaceae* یکی از پرمصرف‌ترین نوشیدنی‌ها پس از قهوه است که تاریخچه آن بر اساس شواهد تاریخی به پنج هزار سال پیش، در کشور چین برمی‌گردد. تاریخ دقیق نوشیدن چای در ایران مشخص نیست؛ اما به حدود دو هزار سال قبل برمی‌گردد که با توجه به رابطه دیرینه ایران و چین، بی‌تردید باید سابقه‌ای بیش از این داشته باشد.

درختچه چای، گیاهی دائمی و سبز است که ارتفاع آن حداکثر به ۳ متر می‌رسد. دو گونه اصلی چای *Camellia sinensis* و *Camellia assamica* از خانواده *Theaceae* هستند که گونه اول در مقابل سرما مقاومت بیشتری نسبت به گونه دوم دارد. بخش مورد استفاده چای، برگ‌های سبز رنگ آن است که از آن‌ها برای تهیه دمنوش چای استفاده می‌شود (Fayazi & Yusofi, 2011).

بخش اصلی بوته چای از نظر اقتصادی و بهره‌برداری را برگ سبز آن تشکیل می‌دهد. یک شاخه از چای دارای ۲۳ درصد ماده خشک و ۷۷ درصد آب است. نیمی از این مواد به صورت محلول در آب و نیم دیگر آن غیرمحلول در آب هستند. بیش‌تر این مواد در برگ‌های لطیف و تازه‌تر وجود دارند، به همین دلیل چایی که از این برگ‌ها تشکیل شده باشد دارای ترکیبات شیمیایی و مواد معدنی بیش‌تری نسبت به دیگر چای‌ها دارد و در نتیجه از کیفیت مطلوب‌تری برخوردار است (Zargari, 1996).

مواد مؤثر در چای سیاه خشک‌شده شامل تانن، کافئین (تئین)، پورین‌ها (گزانتین، تئوفیلین و آدنین)، اسید اکسالیک و اسانس است. در این بین اسیدهای آمینه مختلفی نیز درون چای وجود دارند که این اسیدهای آمینه در فرآیند چای‌سازی دست‌خوش تغییر می‌شوند و نقش مهمی در ایجاد عطر در چای را ایفا می‌کنند (Zargari, 1996).

از کاربردهای چای، می‌توان به استفاده از چای سبز به عنوان یک فیتوبیوتیک بر شاخه‌های خونی ماهی کپور معمولی (Ranjbar & Khodadadi, 2016)، بهبود اثربخشی استامینوفن با خوردن چای پیش از آن (Hojat *et al.*, 2008)، افزایش زمان ماندگاری گوشت قرمز گاوی

تیمار شده با چای سبز (Fathi-Achachlouei *et al.*, 2017)، ارتباط بین مصرف چای و افزایش تراکم استخوان و کاهش شیوع پوکی استخوان در افرادی که روزانه و به طور منظم چای مصرف می‌کنند (Amiri *et al.*, 2011) اشاره کرد. هم‌چنین در بررسی دیگری مشاهده شده که چای سبز، عملکرد بسیار مناسبی در برابر خوردگی آثار تاریخی مسی دارد (Vatankhah *et al.*, 2012).

مراحل تولید چای سیاه شامل برداشت، پلاس (Wilting)، مالش (Rolling)، اکسیداسیون (تخمیر) و خشک کردن می‌شود. در مرحله برداشت، شاخساره‌های جوان از سطح بوته چای چیده می‌شوند. این مرحله به دو روش دستی و ماشینی انجام می‌شود که در روش دستی، تنها برگ‌های مورد نظر برداشت می‌شوند، اما در روش ماشینی برداشت غیر انتخابی است. در مرحله پلاس، برگ‌های سبز چای بر روی دستگاه تراف پهن می‌شوند و به برگ‌ها در زمان‌های مشخص باد گرم و سرد می‌دهند تا کمی چروکیده و آماده مالش شوند. در مرحله مالش، ترکیبات پلی‌فنلی از سلول‌های برگ خارج شده و در مجاورت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز و اکسیژن هوا، اکسید می‌شوند و ترکیبات شیمیایی مورد نیاز جهت تولید عطر و طعم را به وجود می‌آورند. روش مرسوم برای مالش چای در ایران، روش رسمی (ارتدکس) است که نسبت به روش CTC (Curl Tear Crush) در مقدار و نوع ترکیبات متفاوت است (Roofigary *et al.*, 2019) & Roofigary *et al.* (2013). در مرحله اکسیداسیون، چای که به روش ارتدکس مالش داده شده است به مدت ۱۵۰ دقیقه تخمیر می‌شود (Hafezi *et al.*, 2006) و در مرحله بعد برگ‌ها را با جریان هوای گرم خشک می‌کنند (Botheju *et al.*, 2011).

بررسی‌ها نشان داد که گیلان نسبت به کشورهای هند و امارات به عنوان صادرکننده‌های چای به ایران، دارای مزیت نسبی و از نظر صادرات نسبت به کشورهای انگلستان، تاجیکستان، ترکمنستان، ازبکستان، افغانستان و اوگاندا دارای برتری نسبی است. هم‌چنین پیشنهاد شده است که با یک برنامه چند ساله در مورد افزایش کیفیت چای و به‌سازی و نوسازی باغ‌های چای، هزینه‌های تولید تا حد امکان کاهش پیدا کند تا از یک سو قیمت فروش چای داخلی افزایش یافته و از سوی دیگر با کاهش هزینه‌های واقعی تولید، سبب افزایش مزیت نسبی و

نمونه‌های چینی آن در خارج از کشور موجود بودند می‌توان این فرایند را در منازل و با کم‌ترین هزینه انجام داد و کارگاه‌های کوچک خانگی را احداث نمود تا کشاورزان به راحتی بتوانند محصول خود را در منازل فرآوری نمایند و سود نهایی آنها از محصولشان به میزان قابل توجهی افزایش پیدا کند.

### مواد و روش‌ها

#### طراحی و ساخت دستگاه

به منظور مالش چای به شکل خانگی، دستگاهی با الهام از دستگاه‌های مالش صنعتی مدل ارتدکس طراحی و ساخته شد (شکل ۱). دستگاه‌های مورد استفاده در کارخانه‌ها دارای ابعادی در حدود ۴ برابر دستگاه ساخته شده هستند (شکل ۲). فضای زیادی را اشغال می‌کنند و استفاده از آنها در کارگاه‌های کوچک خانگی ممکن نیست. این دستگاه با ظرفیت ۱۰ کیلوگرم و در نرم افزار Solidworks 2021 طراحی و شبیه‌سازی شد (شکل ۳).



شکل ۱- دستگاه مالش چای ساخته شده



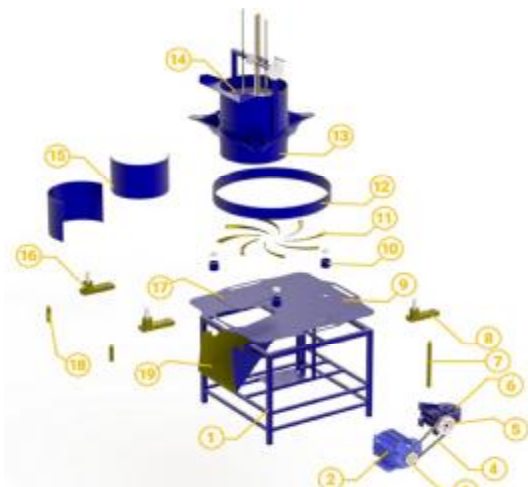
شکل ۲- دستگاه مالش صنعتی مدل ارتدکس

قدرت رقابتی آن در مقابل چای خارجی شود (Amanat & Ashraf, 2018).

امروزه صنعت چای کشور با مشکلات بسیاری دست و پنجه نرم می‌کند، مشکلاتی نظیر نبود ماشین آلات به‌روز مانند دستگاه‌های خشک کن و مالش، نبود برنامه ریزی صحیح در تولید و همچنین عدم توجه دولت به مسائلی مانند به‌زرایی و به‌نژادی باغات چای (Alahyari *et al.*, 2012). از طرفی قیمت خرید تضمینی چای توسط دولت نسبت به هزینه‌های تولید بسیار ناچیز بوده و کشاورزان علاقه‌ای به رسیدگی بیش‌تر به باغات خود ندارند. چنانچه مراحل فرآوری توسط خود کشاورزان صورت پذیرد، سود بیش‌تری از فروش محصول فرآوری شده حاصل می‌شود و این امر سبب افزایش کیفیت باغات چای و همچنین افزایش کیفیت چای تولیدی در ایران خواهد شد. دستگاه‌هایی نظیر دستگاه مالش چای به روش ارتدکس کارخانه‌ای در ایران معایب بسیاری دارند که با بررسی‌های میدانی انجام شده مشخص شد بزرگ‌ترین معایب آنها نبود معیاری برای سرعت گردش استوانه چای، فاصله استوانه از سطح آج‌ها و طراحی نامناسب آج‌ها است.

در تحقیقات مشابه با استفاده از کنترل فازی به میزان فشار وارده بر روی چای توسط صفحه‌ی بالای استوانه پرداخته شده است تا به دمای مورد نیاز جهت انجام فرایندهای شیمیایی هنگام مالش دست پیدا کنند (Bambang *et al.*, 2001). همچنین در مطالعه‌ای که توسط Tang *et al.* (2015) صورت گرفت، به میزان شکستگی برگ‌های چای در اثر مالش پرداخته شد که نشان داد، فشار، یکی از عوامل مؤثر در شکست برگ‌های چای و در نتیجه کیفیت چای است. (Jia *et al.* (2021) یک فرآیند مالش برای چای اولانگ را پیشنهاد دادند و درصد لوله شدن چای اولانگ، نرخ شکستن چای و بازدهی زمانی را برای آن دستگاه با روش سنتی مقایسه کردند.

هدف از انجام این تحقیق این است که دستگاهی در مقیاس کوچک برای مالش چای بررسی و بهینه گردد تا کشاورزان بتوانند به صورت خانگی و یا کارگاهی چای را فرآوری کنند. از معایب دستگاه‌های مالش کارخانه‌ای، استفاده از برق سه فاز و عدم امکان برای استفاده از آنها در منازل کشاورزان است. اما با ساخت دستگاه‌های خانگی مالش چای که با برق تک فاز کار می‌کنند و تاکنون تنها



شکل ۴- طراحی انفجاری دستگاه مالش چای

- ۱- پایه دستگاه، ۲- موتور برقی سه فاز، یک اسب بخار، ۳- پولی متصل به موتور، ۴- تسمه سری B، ۵- پولی متصل به جعبه دنده، ۶- جعبه دنده حلزونی VF-n 62، ۷- محور خروجی از جعبه دنده و متصل به لنگی محرک، ۸- لنگی محرک، ۹- صفحه کف متصل روی پایه، ۱۰- بوش نگه دارنده بلبرینگ، ۱۱- آج‌های برنجی، ۱۲- حلقه کف (جلوگیری از خروج چای)، ۱۳- استوانه بارگیری چای، ۱۴- صفحه فشار روی چای، ۱۵- محافظ لنگی (جلوگیری از برخورد لنگی به بدن)، ۱۶- لنگی‌های متحرک، ۱۷- درپچه خروج چای، ۱۸- محور لنگی‌های محرک، ۱۹- مجرای خروج چای

#### محاسبات انتخاب موتور

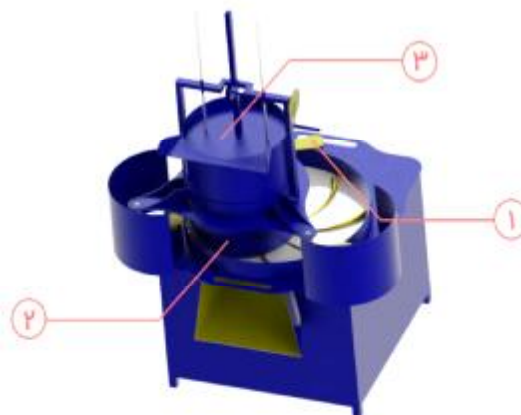
برای به دست آوردن گشتاور مورد نیاز برای مالش دادن چای، پس از ساخت نسخه اولیه دستگاه، استوانه از چای پر و با استفاده از یک وزنه، نیروی مورد نیاز برای به گردش درآوردن استوانه محاسبه شد؛ بدین گونه که نیروی مورد نیاز برای به گردش درآوردن استوانه دستگاه برای هر یک کیلوگرم چای حدوداً برابر با  $9/8$  کیلوگرم است و بدین ترتیب میزان جرم به دست آورده شد.

با توجه به اندازه  $10/5$  سانتی‌متری لنگی‌های دستگاه، گشتاور مورد نیاز برای به گردش درآوردن  $10$  کیلوگرم چای درون استوانه با استفاده از معادله (۱) محاسبه شد.

$$T = F \times D = (10 \times 9.8 \times 9.81) \times 0.105 = 100.95 \text{ N.m} \quad (1)$$

که در آن: T گشتاور برحسب نیوتن متر؛ F نیرو

برحسب نیوتن؛ D فاصله برحسب متر



شکل ۳- دستگاه مالش ۱۰ کیلوپی طراحی شده با Solidwork  
۱. لنگی، ۲. استوانه بارگیری چای، ۳. صفحه فشار روی چای

با توجه به شکل ۳، اجزای اصلی این دستگاه شامل یک موتور برقی یک اسب بخار  $0.75 \text{ kw}$  با دور خروجی  $1400$  الی  $1500$  دور بر دقیقه است که با یک تسمه به جعبه دنده حلزونی مدل VF normal و با اندازه  $62$  و با نسبت  $1$  به  $19$  متصل می‌گردد. برای تنظیم سرعت دورانی یا دور خروجی دستگاه نیز از یک اینورتر تک فاز به سه فاز استفاده گردید.

محور خروجی جعبه دنده به یکی از لنگی‌ها متصل می‌شود (شماره ۱، شکل ۳). دستگاه شامل سه لنگ و شش محور است تا بتواند حرکت دورانی را ایجاد نماید. شعاع این دوران به طول لنگی (فاصله بین دو محور) بستگی دارد. لنگی‌ها به مخزن دستگاه (شماره ۲، شکل ۳) متصل می‌شوند که استوانه‌ای با ارتفاع  $45$  و قطر  $31$  سانتی‌متر است. فاصله این استوانه از کف دستگاه، عاملی در میزان شکست و مقدار زمان مالش چای است. در قسمت بالایی استوانه، صفحه‌ای از جنس فولاد (شماره ۳، شکل ۳) قرار دارد تا هنگام پایین آمدن فشار لازم بر روی چای را ایجاد نماید. بر اساس پژوهش Heping et al., (2015) بهترین فشار وارد شده بر روی چای در روش ارتدکس  $340 \text{ kg/m}^2$  است. لذا در این دستگاه با در نظر گرفتن قطر استوانه، نیرویی معادل  $25$  کیلوگرم نیرو با استفاده از یک وزنه به روی چای اعمال شد.

همچنین طراحی انفجاری دستگاه به صورت شکل

۴ است.

9.4 با استفاده از طرح بلوک کامل تصادفی مورد ارزیابی قرار گرفتند که نتایج تحلیل واریانس آن در جدول ۱ قابل مشاهده است. با توجه به اختلاف معنی‌دار بین متغیرهای مستقل، از آزمون مقایسه چندگانه‌ی میانگین‌ها (plsd) استفاده شد.

### نتایج و بحث

با توجه به دستگاه‌های موجود و هم‌چنین نوع آج به کار رفته در این دستگاه‌ها، انتظار می‌رود بهترین سرعت دوران و فاصله، به ترتیب برابر ۳۰ دور بر دقیقه و فاصله ۳ سانتی‌متری از کف باشد. در جدول ۱، نتایج مقایسه میانگین بر روی درصد شکست و نیز نتایج مقایسه میانگین بر روی درصد شکست چای نشان داده شده است.

جدول ۱- نتایج تحلیل واریانس مقدار درصد شکست در طی فرایند (بالا) و نتایج تحلیل واریانس مقدار زمان در طی فرایند (پایین)

درصد شکست

عامل	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار f
دور	۲	۹۰/۱۷	۴۳۸/۶۹**
فشار	۲	۶۸/۶۹	۳۳۴/۱۹**
دور×فشار	۴	۱۵/۱۳	۷۳/۵۹**

زمان

عامل	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار f
دور	۲	۸۵۰/۶۱	۱۴/۶۹**
فشار	۲	۴۰۱۸/۲۷	۶۹/۳۹**
دور×فشار	۴	۷۴۷/۲۶	۱۲/۹۰**

از شکل ۵ می‌توان این گونه نتیجه گرفت که هرچه سرعت دوران بیشتر و فاصله استوانه از کف کمتر باشد، زمان کوتاه‌تری برای انجام فرآیند مالش لازم است. فرایند مالش چای از زمان ریختن برگ سبز چای درون استوانه دستگاه تا زمانی که تمام برگ‌های سبز چای لوله و یا شکسته شده باشند ادامه پیدا خواهد کرد. به عنوان مثال در سرعت دورانی ۴۰ دور بر دقیقه، بهترین فاصله از کف ۲ سانتی‌متر است و در فاصله ۴ سانتی‌متری نیز بهترین نتیجه برای سرعت ۴۰ دور بر دقیقه است.

از قسمت پایین شکل ۵ نیز نتیجه می‌شود، که هرچه سرعت دوران استوانه کمتر و فاصله آن از کف

با توجه به استفاده از جعبه دنده ۱:۱۹ و پولی ۱۴ روی جعبه دنده و ۶ روی موتور، گشتاور موتور مورد نیاز میزان ۲/۲۶ محاسبه گردید.

با توجه به گشتاور محاسبه شده و مشخصات فنی موتورهای برقی سه فاز، موتور برقی یک اسب بخار ۱۴۰۰ دور با گشتاور خروجی ۵/۱۷ نیوتن متر انتخاب گردید.

### تهیه نمونه‌ها

میزان ۲۷۰ کیلوگرم چای بهاره درجه یک (دو برگ و یک غنچه) از نوع کلون ۱۰۰ از یکی از باغات چای شهر کومله شهرستان لنگرود با شرایط رشد و کوددهی یکسان به صورت دستی برداشت شد. چای برداشت شده به مدت شش ساعت و در دمای ۳۰ درجه سلسیوس (Tufekci & Guner, 1997) نگهداری شدند تا برگ‌های سبز چای پژمرده، یا به اصطلاح پلاس داده شوند. پس از این مرحله، چای‌های پلاس داده شده در وزن‌های ۱۰ کیلوگی تقسیم شدند. نمونه‌ها با دستگاه مالش چای ساخته شده با ظرفیت ۱۰ کیلوگرم (شکل ۱)، مالش داده شدند. در این آزمایش تأثیر متغیرهای مختلف، شامل میزان فشار که رابطه مستقیم با فاصله استوانه تا کف دستگاه دارد و هم‌چنین سرعت دوران استوانه بر حسب دور بر دقیقه (rpm) بر سرعت مالش چای بررسی شد. عامل‌ها شامل سه فاصله‌ی ۲، ۳ و ۴ سانتی‌متری و هم‌چنین سه سرعت ۲۰، ۳۰ و ۴۰ دور بر دقیقه انتخاب شدند. دلیل استفاده نکردن دورهای بالاتر، درصد شکست بیشتر چای و عدم ثبات دستگاه در دورهای بالاتر است. دلیل انتخاب فاصله دو سانتی‌متر برای کم‌ترین حالت نیز این است که در فاصله‌های کمتر، امکان گیر کردن دستگاه و فشار به موتور وجود دارد و در صورت انتخاب فاصله‌ی بیش از ۴ سانتی‌متر نیز هیچ اصطکاکی بین چای و آج‌ها وجود نخواهد داشت. آزمایش‌ها در سه تکرار انجام شدند.

در این تحقیق زمان فراوری و درصد شکستگی بعد از مالش به عنوان متغیرهای وابسته اندازه‌گیری و مقایسه شدند. منظور از سرعت مالش چای، از زمان ریختن برگ‌های سبز چای درون استوانه دستگاه و روشن کردن دستگاه تا زمانی است که تمام برگ‌های سبز چای لوله و یا شکسته شده باشند.

نتایج به دست آمده از ۲۷ آزمایش صورت گرفته در نرم‌افزار Excel دسته‌بندی شده و در نرم‌افزار آماری SAS

است و از لحاظ کمترین درصد شکست نیز بهترین دور و فاصله به ترتیب ۲۰ دور بر دقیقه و ۴ سانتی‌متر است. در دور ۳۰ دور بر دقیقه و فاصله ۲ سانتی‌متر درصد شکست در حدود ۱۴ درصد است، درحالی که در دور ۲۰ دور بر دقیقه و فاصله ۴ سانتی‌متر، این مقدار به ۷ درصد می‌رسد.

### نتیجه‌گیری

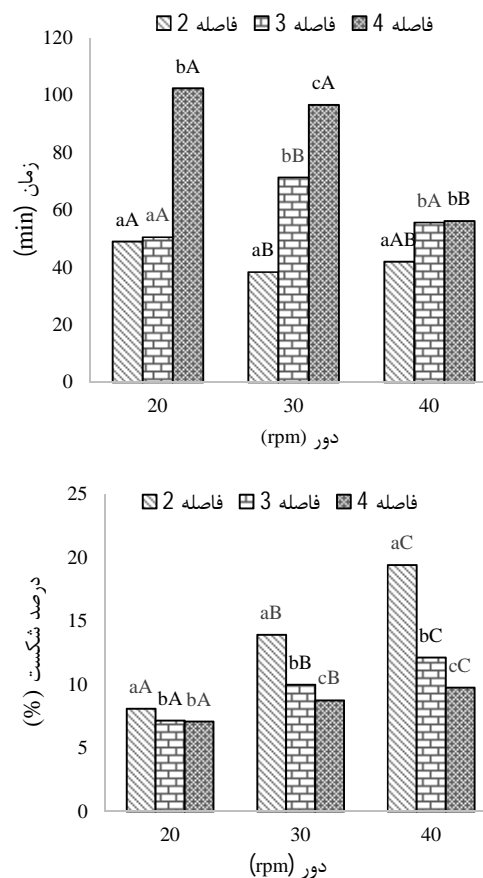
بررسی نتایج و تحلیل جداول مقایسه‌ی میانگین، این‌گونه نشان داد که در دور ثابت، در بین تمامی سطوح فاصله، اختلاف معنی‌داری بین مقادیر درصد شکست و زمان وجود دارد و هرچه فاصله استوانه از کف دستگاه کمتر باشد درصد شکست بیشتر و زمان مالش کوتاه‌تر خواهد شد. در فاصله ثابت، در بین برخی از سطوح سرعت دورانی، اختلاف معنی‌داری بین مقادیر زمان وجود ندارد و با توجه به فاصله متفاوت است، اما مقادیر درصد شکست در فاصله ثابت با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند و هرچه سرعت دورانی بیشتر باشد درصد شکست نیز افزایش پیدا می‌کند. با توجه به نیاز به سرعت در انجام فرآیند در کنار حفظ کیفیت، می‌توان از فاصله ۳ سانتی‌متری و دور ۲۰ دور بر دقیقه استفاده نمود، زیرا مدت زمان مالش نسبت به دور ۳۰ دور بر دقیقه و فاصله ۲ سانتی‌متر، در حدود ۱۲ دقیقه افزایش داشته است. درحالی که درصد شکست نسبت به این دور و فاصله نصف شده است.

استفاده از دستگاه مالش چای که برخلاف دستگاه‌های کارخانه‌ای بهینه شده و عوامل مؤثر بر کیفیت چای در آن مورد آزمایش قرار گرفته باشد، کیفیت چای سیاه نهایی را افزایش داده و سود بیشتری را عاید کشاورزان خواهد کرد و به طور کلی باعث بهبود صنعت چای در ایران می‌شود.

### منابع

- Alahyari M., RezaDoost H., Kheyri Sh., & Noorhosseini, S. (2012). Analysis of management-political obstacles and problems facing the tea industry in Gilan province. *Human settlement planning studies (geographic perspective)*, 7(19). 92-107. (in Persian).
- Amanat, A., & Ashraf, A. (2018). The Persianate world: Rethinking a shared

بیش‌تر باشد، پس از اتمام مالش درصد شکست کمتری مورد توجه چای خواهد شد. با دقت در نتایج به دست آمده از شکل ۵ متوجه نتایجی برخلاف یکدیگر می‌شویم. به عنوان مثال در قسمت بالایی شکل ۵ در دور ۳۰ دور بر دقیقه می‌توان بهترین فاصله استوانه از کف دستگاه را ۲ سانتی‌متر دانست درحالی که در قسمت پایین شکل ۵ این دور و سرعت بدترین نتیجه را گرفته است که با توجه به طبیعت گیاه چای و پلاسیده شدن برگ‌ها پیش از مالش، طبیعی به نظر می‌رسد. با توجه به نتایج تفاوت‌ها بین اعداد به دست آمده برای زمان مالش و درصد شکست، می‌توان به سرعت دورانی و فاصله مناسب دست پیدا کرد.



شکل ۵- نتایج مقایسه میانگین روی زمان (بالا) و نتایج

مقایسه میانگین روی درصد شکست (پایین)

حروف بزرگ نتیجه مقایسه میانگین فاصله در سطوح مختلف دور و حروف کوچک نتیجه مقایسه میانگین دور در سطوح مختلف فاصله است.

به لحاظ سرعت در مدت زمان مالش چای، بهترین سرعت دوران ۳۰ دور بر دقیقه و فاصله ۲ سانتی‌متری

- Roofigari haghghat, Sh., Taghi Shokrgozar, A., Falakro, K., & Mohebbian Otaghvare, S. (2019). Using the Combined Method in the Tea Process and Assessing the Qualitative and Sensory Properties of the Product. *Biosystem Engineering of iran (Agricultural science of iran)*. 50(2): 439-449. (in Persian).
- Tang, H., Xu, H., Cao, J., Li, G., Yang, Z., Zhao, X., & Xie, C. (2015). Research on the optimal regulation of barrel tea rolling machine base on the tea rolling modeling. *3rd International Conference on Material, Mechanical and Manufacturing Engineering (IC3ME 2015)* (pp. 691-695). Atlantis Press.
- Tüfekci, M., & Güner, S. (1997). The determination of optimum fermentation time in Turkish black tea manufacture. *Food chemistry*, 60(1): 53-56.
- VatanKhah, Gh., Bakhshandeh-fard, H., Golozar, M., & Sabzalian, M. (2012). Green tea (*Camellia sinensis*) extractive: a non-toxic herbal inhibitor for corrosion control in historical copper artefacts. *Conservation and Architecture in Iran (Conservation of historical and cultural works and textures)*. 2(4): 85-95. (in Persian).
- Zargari A. & Medicinal Plants. 6th ed. Tehran University Press. IR IRAN. (1996). 91-102. (in Persian).
- sphere (Vol. 18). *Brill Studies in Middle Eastern Literatures*.
- Amiri S., Keshtkar A., Aghaie-Meybodi HR., Larijan B., Nabipoor I., Heshmat R., Madani S., & Hossein-Nejad, A. (2011). Relationship between tea drinking and bone mineral density in Bushehr population. *Zahedan J Res Med Sci (ZJRMS)*. 13(4): 18-23. (in Persian).
- Bambang, R., Mahbub, S. F., & Abas, T. (2001). Application of fuzzy logic control to tea rolling process. *IFAC Proceedings Volumes*, 34(11): 248-253.
- Botheju, W. S., Amarathunge, K. S. P. & Abeysinghe, I. S. B. (2011). Simulation of Trough Withering of Tea using One Dimensional Heat and Mass Transfer Finite Difference Model. *Tropical Agricultural Research*, 22(3): 282-295.
- Fathi-Achachlouei, B., Asadi, A., Alirezalu, K., & Abdi-Benemar, H. (2017). Effect of green tea extract on some quality properties and shelf life of meat during storage. *Food Science and Technology of Iran*, 14(65): 249-259. (in Persian)
- Fayazi A., & Yusofi ghaleroodkhani A. (2011). A look at the history of tea and the role of Kashif al-Sultaneh in the revival of this industry in Iran. *Moskuya*, 6(18): 127-146. (in Persian).
- Hafezi, M., Nasernejad, B., & Vahabzadeh, F. (2006). Optimization of fermentation time for Iranian black tea production. *Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, 25(1): 39-44.
- Hojat M., Hamadanizadeh F., Sarhangi F., Motahedian E., & Sahraei H. (2008). The Effect of Tea (*Camellia thea* Lk.) on Acceleration of Acetaminophen's Effectiveness in Headache. *Journal of Medicinal Plants*, 7(28): 69-80. (in Persian)
- Jia, J., Zhang, C., Yuan, B., Chen, Z., & Chen, J. (2021). Development and process parameter optimization with an integrated test bench for rolling and forming strips of oolong tea. *Journal of Food Process Engineering*, 44(12): e13901.
- Ranjbar, Sh., & Khodadadi, M. (2016). The effect of green tea powder (*Camellia sinensis*) on some blood parameters of common carp (*Cyprinus carpio*). *Wetland Ecology(wetland)*, 8(27): 41-52. (in Persian).
- Roofigari haghghat, Sh., Shirin fekr, A., & Cheraghi, K. (2013). A study on changes in green leaf yield and quality of black tea in different manual harvesting methods. *Horticultural Science (Agricultural sciences and industries)*, 27(3): 227-234. (in Persian).

