بررسی تغییرات تئافلاوین و تئاروبیژن در زمان تخمیر (اکسیداسیون) و اثر آن روی شفافیت و رنگ کل در چای سیاه

رضا حجت انصاری[۱]، معظم حسن پور اصیل[۱*]، عبدالله حاتم زاده[۱]، بابک ربیعی[۲] و شیوا روفی‌گری حقیقت[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۵/۴/۲۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۶/۵/۱۰)

چکیده

این پژوهش به منظور بررسی تغییرات تئافلاوین و تئاروبیژن در زمان تخمیر (اکسیداسیون) و اثر آن بر روی شفافیت و رنگ کل در چای سیاه در سال زراعی ۱۳۸۳ در مرکز تحقیقات چای کشور در لاهیجان انجام گردید. درصد تئافلاوین، تئاروبیژن، رنگ کل و شفافیت در دو رقم امیدبخش ۱۰۰ و هیبرید طبیعی چینی، در زمان‌های برداشت خرداد، مرداد و مهر و در زمان‌های تخمیر ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، و ۱۵۰ دقیقه اندازه‌گیری شد. براساس نتایج حاصل از این آزمایش علاوه بر تفاوت ژنتیکی ارقام مورد آزمایش در تولید مواد شیمیایی ایجادکننده کیفیت، تغییرات شرایط آب و هوایی در زمان‌های مختلف برداشت و هم‌چنین زمان‌های متفاوت تخمیر نیز می‌تواند تا حد زیادی روی میزان تئافلاوین، تئاروبیژن، رنگ کل و شفافیت اثر بگذارد. هم‌چنین این نتایج بیانگر اثر متقابل بسیار معنی‌دار رقم × زمان برداشت × زمان تخمیر بر صفات تعیین کننده کیفیت چای سیاه بود. برآورد ضرایب هم‌بستگی بین صفات مورد مطالعه نشان داد که به استثنای هم‌بستگی بین تئاروبیژن و شفافیت، هم‌بستگی بین سایر صفات در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود. نتایج حاصل از تجزیه روابط رگرسیونی بین زمان تخمیر به عنوان متغیر مستقل و هر یک از صفات مورد مطالعه به عنوان متغیر وابسته، رابطه رگرسیونی خطی بسیار معنی‌داری بین زمان تخمیر با تئافلاوین و شفافیت مشاهده شد. هم‌چنین نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون چند متغیره بین شفافیت به عنوان متغیر وابسته با تئافلاوین و تئاروبیژن به عنوان متغیر مستقل نشان داد که بیش از ۵۶ درصد از تغییرات شفافیت به وسیله تئافلاوین و تئاروبیژن توجیه می‌شود. هم‌چنین در تجزیه رگرسیون چند متغیره بین رنگ کل به عنوان متغیر وابسته و تئافلاوین و تئاروبیژن به عنوان متغیر مستقل، بیش از ۴۳ درصد از تغییرات رنگ کل به وسیله تئافلاوین و تئاروبیژن توجیه شد.

واژه‌های کلیدی: چای سیاه، زمان تخمیر، تئافلاوین، تئاروبیژن، شفافیت، رنگ کل

مقدمه

چای یکی از محصولات اساسی و استراتژیک کشور است. در حدود ۳۲۰۰۰ هکتار از زمین‌های کشاورزی در کشور زیر کشت بوته‌های چای قرار دارد(۳). یکی از مهم‌ترین مشکلات در صنعت چای کشور پایین بودن کیفیت چای تولیدی است. کیفیت عامل مهمی در عرضه چای به بازار مصرف می‌باشد. عوامل زیادی بر کیفیت چای سیاه تأثیر می‌گذارند که از آن جمله می‌توان نوع رقم، روش داشت، نحوه برداشت، فرآوری و نگه‌داری چای را به عنوان عوامل عمده ذکر کرد (۲، ۴، ۶ و ۷). بخش فرآوری چای از آنجا اهمیت دارد که نقش بسیار

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیاران باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان
۲. استادیار زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان
۳. مربی پژوهش مرکز تحقیقات چای کشور، لاهیجان
* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: hassanpurm@yahoo.com

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-08-25]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.43.5.8]

مهمی در ایجاد کیفیت نهایی چای سیاه ایفا می‌نماید. از میان مراحل مختلف فرآوری چای، مرحله اکسیداسیون دارای اهمیت بیشتری نسبت به مراحل دیگر می‌باشد و در این مرحله است که بسیاری از ویژگی‌های کیفی چای خشک مانند رنگ، عطر و طعم ایجاد می‌شود (۵ و ۸). در زمان اکسیداسیون، مواد بیوشیمیایی برگ سبز شامل پلی فنل‌ها، اسیدهای آمینه و مواد دیگر طی واکنش‌های آنزیمی و غیر آنزیمی به ترکیباتی تبدیل می‌شوند که ایجاد کننده ویژگی‌های کیفی چای سیاه استحصالی هستند. عمده ترکیباتی که در زمان اکسیداسیون ایجاد می‌شود تئافلاوین‌ها ((Theaflavins(TF)) و تئاروبیژن‌ها ((Thearubigins (TR)) هستند. این ترکیبات در ویژگی‌های کیفی چای سیاه تاثیر مهمی می‌گذارند (۱). تئافلاوین به رنگ زرد پرتقالی در محلول دیده می‌شود و در اندازه‌گیری شفافیت ((Brightness (B)) که یک ویژگی مطلوب چای می‌باشد. بسیار نقش دارد. غلظت کل تئافلاوین‌ها در چای سیاه حدود ۱ تا ۳ درصد است. تئاروبیژن به رنگ قرمز مایل به قهوه‌ای در محلول دیده می‌شود. تئاروبیژن‌ها نقش مهمی در ایجاد رنگ کل (Total color) که یک شاخص کیفیت در چای می‌باشد، ایفا می‌کند (۲، ۸، ۱۲ و ۲۰). عواملی که بر تشکیل و تجزیه تئافلاوین‌ها و تئاروبیژن‌ها تأثیرگذار باشند. بر کیفیت نهایی چای نیز اثر می‌گذارند. میزان تولید تئافلاوین و تئاروبیژن در رقم‌های مختلف در طی عمل تخمیر متفاوت است. هم‌چنین هر رقم در زمان‌های مختلف برداشت، میزان متفاوتی از تئافلاوین و تئاروبیژن را تولید می‌کند. میزان تئافلاوین‌ها و تئاروبیژن‌ها تحت تاثیر دما و طول مدت تخمیر نیز تغییر می‌کند (۱۱، ۱۲، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸ و ۱۹). اور و اوبانـــــــدا (۱۶) و اور و همکاران (۱۸) با بررسی شاخص‌های کیفی در ارقام مختلف چنین گزارش نمودند که میزان تولید تئافلاوین و تئاروبیژن در بین هم‌گروه‌های (Clone) مختلف در طی عمل تخمیر متفاوت است و این ویژگی به علت تفاوت ژنتیکی ارقام مختلف در تولید مواد شیمیایی پیش ساز تئافلاوین‌ها و تئاروبیژن‌هاست. دکا و بهاتاچاریا (۹) نیز با بررسی شاخص‌های کیفی چای سیاه در زمان‌های مختلف برداشت برگ سبز چای چنین نتیجه‌گیری کردند که زمان تخمیر در یک همگروه در زمان‌های مختلف برداشت متفاوت است. هم‌چنین اوباندا و همکاران (۱۲) و اور و اورچارد (۱۷) با بررسی تغییرات تئافلاوین‌ها و تئاروبیژن‌ها در طی عمل تخمیر گزارش نمودند که با افزایش زمان تخمیر میزان تئافلاوین‌ها و شفافیت کاهش می‌یابد، اما میزان تئاروبیژن‌ها و رنگ کل افزایش می‌یابد. این گزارش‌ها و گزارش‌های مشابه دیگر بیانگر اثر عوامل مختلف روی میزان تئافلاوین‌ها و تئاروبیژن‌ها در چای سیاه و اثر آن بر شفافیت و رنگ کل می‌باشد. در این مطالعه سعی شده است، تا ضمن بررسی اثر رقم، زمان برداشت و زمان تخمیر برگ سبز چای بر شاخص‌های مورد مطالعه، تغییرات این شاخص‌ها در طی زمان تخمیر و هم‌چنین اثرات آنها روی هم مورد مطالعه قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

این بررسی در سال زراعی ۱۳۸۳ در ایستگاه تحقیقاتی چای شهید افتخاری فشالم فومن واقع در ۱۵ کیلومتری شهر رشت با عرض جغرافیایی ′۱۵ و °۳۷ شمالی و طول جغرافیایی ′۲۷ و °۴۹ شرقی و ارتفاع ۱۰ متر از سطح دریا انجام شد. در این پژوهش از رقم امید بخش ۱۰۰ و هیبرید چینی استفاده گردید که از ویژگی‌هایی مانند هم سن بودن و یک‌نواختی برخوردار بودند. اسکلت‌بندی و فرم بوته‌ها برای پژوهش مناسب بود و تمام عوامل زراعی به‌طور یکسان برای همه پلات‌ها در نظر گرفته شد. در مجموع سه بار برداشت برگ سبز در ماه‌های خرداد، مرداد و مهر (برای هر رقم در زمان مناسب) به صورت استاندارد (یک غنچه و یک برگ و یک غنچه و دو برگ) انجام شد.

چایسازی

برگ‌های چای پس از هر بار برداشت به آزمایشگاه چایسازی کاشف واقع در مرکز تحقیقات چای کشور در لاهیجان انتقال یافت. به منظور انجام فرایند پلاس (اولین مرحله چایسازی) و

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-08-25]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.43.5.8]

کاهش رطوبت برگ سبز، برگ‌ها در دستگاه تراف (Trough) به مدت ۱۴ ساعت در دمای ۳۰ـ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا بدین‌وسیله وزن برگ‌ها به حدود ۷۰٪ وزن اولیه برسد. بعد از پلاس برگ سبز چای، خرد کردن برگ‌های پلاسیده شده به وسیله دستگاه سی تی سی (Crush, tear and curl) انجام شد و سپس با استفاده از الک ۲ میلی‌متری ذرات برگ‌های خرد شده از هم جدا شدند و آن‌گاه اکسیداسیون در زمان‌های ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ دقیقه انجام شد و نمونه‌های اکسید شده در دستگاه خشک کن بسترسیال (Fluied bed drier) خشک شدند. خشک کردن به مدت ۲۷ دقیقه و در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد انجام شد.

بررسی شیمیایی

آزمایش رنگ سنجی برای تعیین درصد تئافلاوین، تئاروبیژن، شفافیت و رنگ کل طبق روش ماهانتا و بارو (۱۰) و با استفاده از اسپکتروفتومتر انجام شد.

تجزیه‌های آماری

آزمایش در قالب طرح کرت‌های دوبار خرد شده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. دو رقم امید بخش ۱۰۰ و هیبرید چینی به عنوان عامل اصلی، سه زمان برداشت خرداد، مرداد و مهر به عنوان عامل فرعی درجه اول و زمان‌های اکسیداسیون ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ دقیقه به عنوان عامل فرعی درجه دوم در نظر گرفته شدند. کلیه تجزیه‌های آماری از قبیل تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها (با استفاده از آزمون توکی)، محاسبه ضرایب هم‌بستگی بین صفات و تجزیه روابط رگرسیونی ساده و چند متغیره با نرم افزار SAS نسخه ۶/۱۲ انجام گردید و نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel رسم شد.

نتایج و بحث

بررسی نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که به غیر از اثر متقابل زمان برداشت× زمان تخمیر در مورد صفت تئافلاوین،تمامی اثرات ساده و متقابل رقم، زمان برداشت و زمان تخمیر در مورد صفات اندازه‌گیری شده در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). این نتایج بیانگر این بود که علاوه بر تفاوت ژنتیکی ارقام مورد مطالعه در تولید مواد شیمیایی ایجاد کننده کیفیت، تغییرات شرایط آب وهوایی در زمان‌های مختلف برداشت و هم‌چنین زمان‌های متفاوت تخمیر می‌تواند تا حد بسیار زیادی بر میزان تئافلاوین، تئاروبیژن، رنگ کل و شفافیت اثر بگذارد. با توجه به اثرات متقابل بسیار معنی‌دار (۱٪ =α) رقم× زمان برداشت× زمان تخمیر بر میزان تئافلاوین، تئاروبیژن، رنگ کل و شفافیت می‌توان بیان نمود که هر رقم دارای زمان‌های تخمیر متفاوت در زمان‌های مختلف برداشت است و هم‌چنین زمان مناسب تخمیر در یک رقم و یک زمان برداشت قابل تعمیم به رقم‌های دیگر در زمان‌های برداشت مختلف و حتی همان زمان برداشت نیست و این ویژگی به تفاوت‌های ژنتیکی ارقام در تولید مقادیر متفاوت مواد شیمیایی ایجاد کننده کیفیت و اثر متقابل آن با زمان برداشت و زمان تخمیر برمی‌گردد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس شاخص‌های کیفی اندازه‌گیری شده با نتایج حاصل از آزمایش‌های دکا و بهاتاچاریا (۹)، اور و اوباندا (۱۶) و اور و همکاران (۱۸) مطابقت دارد. با توجه به این‌که اثر متقابل رقم × زمان برداشت × زمان تخمیر برای تمامی صفات در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود به این ترتیب مقایسه میانگین‌ها تنها برای ترکیب سطوح مختلف هر سه فاکتور (تیمارهای آزمایش) انجام شد (جدول ۲). نتایج در جدول ۲ بیانگر اثر متقابل بسیار معنی‌دار رقم × زمان برداشت × زمان تخمیر روی صفات تعیین کننده کیفیت چای سیاه است. از آنجایی که نوع رقم چای و زمان برداشت برگ سبز عواملی اجتناب ناپذیر در تولید چای سیاه می‌باشند. بنابراین می‌توان با تغییر زمان تخمیر متناسب با نوع رقم و زمان برداشت به علت اثر متقابل آن با نوع رقم و زمان برداشت برگ سبز کیفیت چای استحصالی را کنترل نمود. در نتیجه لازم است زمان مناسب تخمیر برای ارقامی که در

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-08-25]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.43.5.8]

جدول ۱. تجزیه واریانس اثر رقم، زمان برداشت و زمان تخمیر بر صفات تعیین‌کننده کیفیت چای سیاه

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		تئافلاوین (٪)	تئاروبیژن (٪)	رنگ کل (٪)	شفافیت (٪)
بلوک	۲	۰/۰۰۲۲	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۱۰
رقم	۱	۰/۰۹۸**	۰/۴۹۷۶**	۱/۳۲۷**	۰/۳۳۳**
رقم× بلوک	۲	۰/۰۰۰۰۰۴۷۱	۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۲۶
زمان برداشت	۲	۰/۲۱۳۳**	۰/۰۶۹۳**	۰/۲۸۷۲**	۰/۳۴۲**
رقم× زمان برداشت	۲	۰/۱۱۶۲**	۰/۷۷۶۸**	۰/۰۶۲۶**	۰/۶۶۸۹**
رقم (بلوک× زمان برداشت)	۸	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۱۶
زمان تخمیر	۴	۰/۰۷۶۸**	۰/۰۶۹۷**	۰/۰۳۷۸**	۰/۵۰۰۹**
رقم× زمان تخمیر	۴	۰/۰۰۵۲**	۰/۰۰۵۱**	۰/۰۱۵۴**	۰/۰۵۲۱**
زمان برداشت× زمان تخمیر	۸	۰/۰۰۲۲	۰/۰۰۴۶**	۰/۰۱۵۴**	۰/۰۴۲۹**
رقم× زمان برداشت× زمان تخمیر	۸	۰/۰۰۶۸**	۰/۰۰۶۲**	۰/۰۲۱۰**	۰/۰۳۱۳**
خطا	۴۸	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۰۶۹	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۱۱

** : معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

چایسازی مورد استفاده قرار می‌گیرند، در طی زمان‌های برداشت متفاوت تعیین شود.

نتایج بررسی ضرایب هم‌بستگی ساده بین صفات کیفی مورد آزمایش بیانگر این بود که به استثنای هم‌بستگی بین تئاروبیژن و شفافیت هم‌بستگی بسیار معنی‌داری بین سایر صفات در سطح احتمال ۱ درصد مشاهده شد (جدول ۳). بررسی اجمالی جدول ۳ نشان داد که بین درصد تئاروبیژن و تئافلاوین هم‌بستگی مثبت بسیار معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد دیده شد. این هم‌بستگی احتمالاً به علت وجود پیش سازهای مشترک شیمیایی (پلی فنل‌ها) برای تولید این دو ماده و هم‌چنین تبدیل تئافلاوین به تئاروبیژن به عنوان یکی از راه‌های تولید تئاروبیژن می‌باشد. اوباندا و همکاران (۱۲) و اور (۱۳) نیز هم‌بستگی مثبت بین تئافلاوین و تئاروبیژن را گزارش نمودند. بین تئافلاوین و رنگ کل و نیز تئاروبیژن و رنگ کل هم‌بستگی مثبت بسیار معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد مشاهده شد. این امر احتمالاً می‌تواند به علت اثر بسیار زیاد تئافلاوین و تئاروبیژن در ایجاد رنگ کل باشد. معمولاً حدود ۳۰ درصد از رنگ کل نهایی به تئافلاوین و بقیه به تئاروبیژن نسبت داده می‌شود. اوباندا و همکاران (۱۲)، اور و اوباندا (۱۶) و اور و اورچارد (۱۷) نیز نتایج مشابهی در مورد اثر تئافلاوین و تئاروبیژن بر رنگ کل و هم‌بستگی مثبت آنها گزارش نمودند. بین تئافلاوین و شفافیت هم‌بستگی مثبت بسیار معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد مشاهده شد. این نتیجه احتمالاً به علت نقش تئافلاوین و مشتقات آن در ایجاد شفافیت می‌باشد. در مقابل هم‌بستگی منفی بین شفافیت و تئاروبیژن دیده شد، ولی این هم‌بستگی معنی‌دار نبود (جدول ۳). با توجه به این‌که تئاروبیژن به صورت یک ترکیب کمپلکس در محلول وجود دارد، انتظار می‌رفت که تئاروبیژن موجب کاهش شفافیت شده

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-08-25]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.43.5.8]

جدول۲. مقایسه میانگین اثر متقابل سه جانبه رقم × زمان برداشت × زمان تخمیر بر صفات تعیین کننده کیفیت چای سیاه به روش توکی

تیمارهای آزمایش	صفات			
	تئافلاوین (٪)	تئاروبیژن (٪)	رنگ کل (٪)	شفافیت (٪)
رقم ۱۰۰× زمان برداشت خرداد × زمان تخمیر ۳۰ دقیقه	۱/۱۳^{abc}	۱۰/۴۰^{defg}	۲/۳۹^{fg}	۴۰/۴۲^{cd}
رقم ۱۰۰× زمان برداشت خرداد × زمان تخمیر ۶۰ دقیقه	۱/۱۲^{abc}	۱۰/۷۹^{cdef}	۲/۶۷^{ef}	۳۶/۱۸^{defg}
رقم ۱۰۰× زمان برداشت خرداد × زمان تخمیر ۹۰ دقیقه	۰/۹۸^{bcde}	۱۰/۸۹^{cde}	۲/۷۱^{e}	۳۱/۴۴^{hij}
رقم ۱۰۰× زمان برداشت خرداد × زمان تخمیر ۱۲۰ دقیقه	۰/۸۵^{defghi}	۱۰/۶۹^{cdef}	۲/۳۷^{gh}	۲۸/۲۳^{jklm}
رقم ۱۰۰× زمان برداشت خرداد × زمان تخمیر ۱۵۰ دقیقه	۰/۷۰^{ghij}	۱۰/۵۵^{defg}	۲/۴۱^{fg}	۲۵/۲۵^{mno}
رقم ۱۰۰× زمان برداشت مرداد × زمان تخمیر ۳۰ دقیقه	۱/۱۶^{abc}	۷/۸۴^{mn}	۲/۶۶^{ef}	۳۵/۰۴^{efgh}
رقم ۱۰۰× زمان برداشت مرداد × زمان تخمیر ۶۰ دقیقه	۱/۱۵^{abc}	۹/۴۱^{hijk}	۳/۴۵^{ab}	۳۲/۴۰^{ghi}
رقم ۱۰۰× زمان برداشت مرداد × زمان تخمیر ۹۰ دقیقه	۱/۰۱^{bcde}	۱۰/۰۴^{efgh}	۳/۳۱^{abc}	۲۸/۵۶^{jkl}
رقم ۱۰۰× زمان برداشت مرداد × زمان تخمیر ۱۲۰ دقیقه	۰/۸۵^{efghi}	۹/۸۸^{fghij}	۳/۰۶^{cd}	۲۴/۸۲^{no}
رقم ۱۰۰× زمان برداشت مرداد × زمان تخمیر ۱۵۰ دقیقه	۱/۰۰^{bcde}	۱۰/۳۹^{defg}	۳/۵۸^{a}	۲۲/۹۴^{op}
رقم ۱۰۰× زمان برداشت مهر × زمان تخمیر ۳۰ دقیقه	۱/۰۷^{bcd}	۱۱/۲۹^{bcd}	۳/۰۵^{cd}	۲۹/۵۵^{ijk}
رقم ۱۰۰× زمان برداشت مهر × زمان تخمیر ۶۰ دقیقه	۱/۰۵^{bcd}	۱۲/۳۳^{a}	۳/۴۵^{ab}	۲۶/۰۳^{lmn}
رقم ۱۰۰× زمان برداشت مهر × زمان تخمیر ۹۰ دقیقه	۰/۸۱^{efghij}	۱۲/۴۵^{a}	۳/۲۰^{bc}	۲۱/۴۹^{p}
رقم ۱۰۰× زمان برداشت مهر × زمان تخمیر ۱۲۰ دقیقه	۰/۸۵^{defghi}	۱۲/۶۰^{a}	۳/۱۹^{bc}	۲۲/۷۴^{op}
رقم ۱۰۰× زمان برداشت مهر × زمان تخمیر ۱۵۰ دقیقه	۰/۷۳^{fghij}	۱۲/۱۵^{ab}	۳/۰۴^{cd}	۲۱/۲۷^{pq}
رقم هیبرید × زمان برداشت خرداد × زمان تخمیر ۳۰ دقیقه	۰/۶۵^{ijk}	۷/۷۸^{mn}	۱/۵۹^{lm}	۳۳/۱۶^{fgh}
رقم هیبرید × زمان برداشت خرداد × زمان تخمیر ۶۰ دقیقه	۰/۶۲^{jk}	۸/۷۶^{kl}	۱/۷۱^{kl}	۲۷/۳۲^{klmn}
رقم هیبرید × زمان برداشت خرداد × زمان تخمیر ۹۰ دقیقه	۰/۶۳^{jk}	۸/۹۹^{jk}	۱/۸۸^{jk}	۲۷/۱۱^{klmn}
رقم هیبرید × زمان برداشت خرداد × زمان تخمیر ۱۲۰ دقیقه	۰/۶۴^{jk}	۹/۱۸^{ijk}	۲/۰۴^{ij}	۲۲/۹۵^{op}
رقم هیبرید × زمان برداشت خرداد × زمان تخمیر ۱۵۰ دقیقه	۰/۴۸^{k}	۹/۶۹^{ghij}	۲/۰۸^{ij}	۱۸/۹۱^{q}
رقم هیبرید × زمان برداشت مرداد × زمان تخمیر ۳۰ دقیقه	۱/۲۱^{ab}	۹/۹۴^{efghi}	۲/۸۱^{de}	۳۷/۰۸^{def}
رقم هیبرید × زمان برداشت مرداد × زمان تخمیر ۶۰ دقیقه	۱/۳۶^{a}	۱۱/۹۶^{ab}	۲/۴۰^{fg}	۵۳/۲۵^{a}
رقم هیبرید × زمان برداشت مرداد × زمان تخمیر ۹۰ دقیقه	۱/۲۱^{ab}	۱۲/۱۳^{ab}	۲/۲۷^{ghi}	۴۷/۷۱^{ab}
رقم هیبرید × زمان برداشت مرداد × زمان تخمیر ۱۲۰ دقیقه	۱/۰۵^{bcd}	۱۲/۳۴^{a}	۲/۱۱^{i}	۴۴/۶۵^{bc}
رقم هیبرید × زمان برداشت مرداد × زمان تخمیر ۱۵۰ دقیقه	۰/۸۷^{defgh}	۱۱/۶۳^{abc}	۳/۱۳^{c}	۲۴/۵۶^{no}
رقم هیبرید × زمان برداشت مهر × زمان تخمیر ۳۰ دقیقه	۰/۸۹^{defg}	۶/۳۰^{p}	۱/۴۴^{m}	۳۸/۴۳^{de}
رقم هیبرید × زمان برداشت مهر × زمان تخمیر ۶۰ دقیقه	۰/۹۲^{cdef}	۷/۰۳^{o}	۲/۱۰^{i}	۳۳/۵۶^{fgh}
رقم هیبرید × زمان برداشت مهر × زمان تخمیر ۹۰ دقیقه	۰/۸۶^{defgh}	۷/۱۳^{no}	۲/۱۳^{hi}	۳۳/۲۷^{fgh}
رقم هیبرید × زمان برداشت مهر × زمان تخمیر ۱۲۰ دقیقه	۰/۶۷^{hij}	۸/۰۵^{lm}	۲/۰۵^{ij}	۲۷/۱۹^{klmn}
رقم هیبرید × زمان برداشت مهر × زمان تخمیر ۱۵۰ دقیقه	۰/۶۸^{hij}	۸/۱۵^{lm}	۲/۱۲^{i}	۲۵/۹۷^{lmn}

اعداد هر ستون که دارای حروف مشابه نیستند، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد دارند.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-08-25]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.43.5.8]

جدول ۳. هم‌بستگی ساده بین صفات تعیین کننده کیفیت چای سیاه

صفات	تئافلاوین	تئاروبیژن	رنگ کل	شفافیت
تئافلاوین	۱			
تئاروبیژن	۰/۳۰۴**	۱		
رنگ کل	۰/۴۲۴**	۰/۶۲۱**	۱	
شفافیت	۰/۶۸۹**	-۰/۰۹۱	-۰/۲۸۱**	۱

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

و هم‌بستگی بین این دو پارامتر منفی باشد، اما همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود این هم‌بستگی معنی‌دار نبود. در مقابل اوباندا و همکاران (۱۲)، اور و اوباندا (۱۶) و اور و اورچارد (۱۷) هم‌بستگی بین تئاروبیژن و شفافیت را منفی و معنی‌دار گزارش نموده‌اند. هم‌چنین بین شفافیت و رنگ کل هم‌بستگی منفی بسیار معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد مشاهده شد. این هم‌بستگی کاملاً مورد انتظار بود، زیرا افزایش رنگ کل با کاهش شفافیت چای همراه است. در مطالعات اوباندا و همکاران (۱۲)، اور و اوباندا (۱۵)، اور و اوباندا (۱۶) و اور و اورچارد (۱۷) نیز هم‌بستگی منفی و معنی‌دار بین رنگ کل و شفافیت گزارش شده است

براساس نتایج حاصل از تجزیه روابط رگرسیونی بین مقادیر زمان تخمیر به عنوان متغیر مستقل (X) و هر یک از خصوصیات کیفی مورد مطالعه یعنی درصد تئافلاوین، تئاروبیژن، رنگ کل و شفافیت به عنوان متغیر وابسته (Y)، رابطه رگرسیونی خطی بسیار معنی‌داری (α = ٪۱) بین زمان تخمیر و درصد تئافلاوین و زمان تخمیر و درصد شفافیت مشاهده شد (جدول ۴ و شکل ۱) و رگرسیون بین زمان تخمیر و سایر متغیرها معنی‌دار نبود. رابطه رگرسیونی بین زمان‌های تخمیر و درصد تئافلاوین به صورت زیر بود:

$$Y = ۰/۷۵۱ - ۰/۰۰۱۳X \qquad r^۲ ۰/۸۹۴۳ \qquad [۱]$$

رابطه ۱، بیش از ۸۹ درصد از تغییرات تئافلاوین را در طی زمان تخمیر توجیه کرد، به این ترتیب که با گذشت زمان تخمیر میزان تئافلاوین کاهش یافت (شکل ۱). اور و اوباندا (۱۶) و اور و اورچارد (۱۷) نیز نتایج مشابهی را گزارش نمودند. کاهش میزان تئافلاوین می‌تواند به علت کاهش پیش سازهای شیمیایی آن و هم‌چنین تبدیل تئافلاوین به ترکیبات دیگر به خصوص تئاروبیژن‌ها باشد.

معادله رگرسیونی بین زمان‌های تخمیر و درصد شفافیت نیز به صورت زیر برآورد شد:

$$Y = ۳/۷۹۲ - ۰/۰۰۳۴X \qquad r^۲ ۰/۹۳۴۲ \qquad [۲]$$

براساس رابطه ۲، میزان شفافیت با گذشت زمان تخمیر کاهش یافت (جدول ۴ و شکل ۱) و ضریب تبیین مدل نیز برابر با ۹۳٪ بود. کاهش در اثر افزایش زمان تخمیر شفافیت می‌تواند به علت تولید ترکیبات کمپلکس و یا ترکیبات با وزن مولکولی بالا مثل تئاروبیژن‌ها باشد. هم‌چنین کاهش میزان تئافلاوین‌ها نیز می‌تواند موجب کاهش میزان شفافیت شود که با توجه به هم‌بستگی بالای تئافلاوین و شفافیت چنین امری محتمل به نظر می‌رسد. اور و اوباندا (۱۶) و اور و اورچارد (۱۷) نیز نتایج مشابهی را گزارش نمودند.

به منظور توجیه بهتر تغییرات رنگ کل و شفافیت و اثر میزان تئافلاوین وتئاروبیژن روی شفافیت و رنگ کل، رگرسیون چند متغیره بین درصد تئافلاوین و تئاروبیژن به عنوان متغیر مستقل با درصد شفافیت و رنگ کل به عنوان متغیر وابسته انجام شد. براساس نتایج تجزیه رگرسیون چند متغیره بین تئافلاوین و تئاروبیژن با رنگ کل، رابطه رگرسیونی زیر

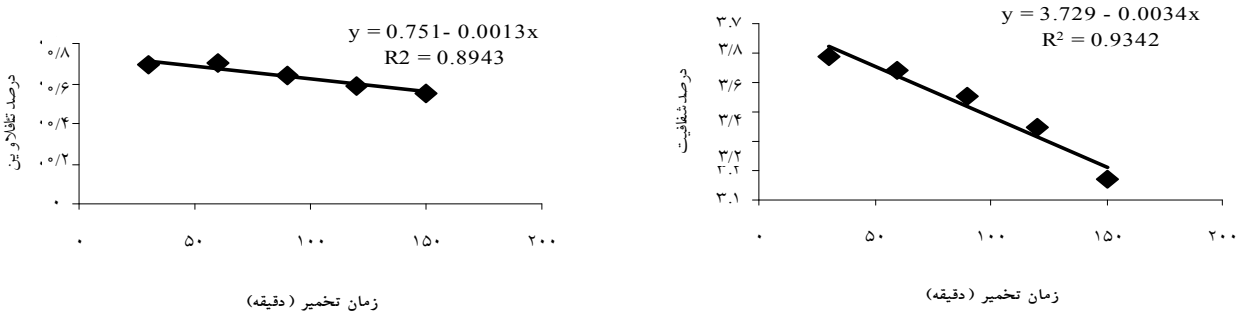
[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-08-25]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.43.5.8]

جدول ۴. تجزیه روابط رگرسیونی بین زمان تخمیر بر حسب دقیقه به عنوان متغیر مستقل (X) و صفات تعیین کننده کیفیت چای سیاه به عنوان متغیر وابسته (Y)

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		تئافلاوین	تئاروبیژن	رنگ کل	شفافیت
رابطه خطی	۱	۰/۰۱۵۲۱**	۰/۰۱۱۵۶	۰/۰۰۴	۰/۱۰۶۰۹**
باقی‌مانده	۳	۰/۰۰۰۴۴	۰/۰۰۱۳۷	۰/۰۰۱۴۳	۰/۰۰۱۸۴

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد



شکل ۱. رگرسیون خطی بین زمان تخمیر برحسب دقیقه به عنوان متغیر مستقل (X) و صفات تعیین کننده کیفیت چای سیاه به عنوان متغیر وابسته (Y)

جدول ۵. تجزیه رابطه رگرسیونی چند متغیره بین مقادیر تئافلاوین (TF) و تئاروبیژن (TR) بر حسب درصد با میزان رنگ کل (TC)

مدل رگرسیونی	درجه آزادی	میانگین مربعات	ضرایب رگرسیونی			
			R^2 تصحیح شده	عرض از مبدأ	TR	TF
TR	۱	۰/۹۹۰۴**	۰/۳۸۶	-۰/۲۱۵۶	۰/۶۱۵**	
باقی‌مانده	۸۸	۰/۰۱۷۸				
TF- TR	۲	۰/۵۷۳۷**	۰/۴۳۴۶	-۰/۲۶۹۱	۰/۵۳۶۶**	۰/۳۷۶۵**
باقی‌مانده	۸۷	۰/۰۱۶۳				

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

برآورد گردید (جدول ۵):

$$TC = ۰/۵۳۶۶TR + ۰/۳۷۶۵TF \qquad R^۲ = ۰/۴۳ \qquad [۳]$$

بر این اساس حدود ۴۳ درصد از تغییرات رنگ کل به وسیله تئافلاوین و تئاروبیژن توجیه گردید. درصد رنگ کل نسبت مستقیم با درصد تئافلاوین و تئاروبیژن دارد و لذا افزایش میزان تئافلاوین و تئاروبیژن موجب افزایش میزان رنگ کل گردید. این نتیجه با توجه به هم‌بستگی بالای بین رنگ کل و درصد تئافلاوین و نیز تئاروبیژن (جدول ۳) مورد انتظار بود. با توجه به نتایج تجزیه رگرسیون بین مقادیر زمان تخمیر و تئافلاوین که بیانگر کاهش میزان تئافلاوین با افزایش طول زمان تخمیر بود

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-08-25]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.43.5.8]

جدول ۶. تجزیه رابطه رگرسیونی چند متغیره بین مقادیر تئافلاوین (TF) و تئاروبیژن (TR)بر حسب درصد با میزان شفافیت (B)

مدل رگرسیونی	درجه آزادی	میانگین مربعات	ضرایب رگرسیونی			
			R^2 تصحیح شده	عرض از مبدأ	TF	TR
TF	۱	۲/۵۰۴**	۰/۴۷۵۹	۲/۵۱۲**	۱/۴۳۱**	
باقی‌مانده	۸۸	۰/۰۳۱۳				
TF- TR	۲	۱/۵۱۶**	۰/۵۶۶۸	۳/۵۰۴**	۱/۶۴۲**	−۰/۴۷۲**
باقی‌مانده	۸۷	۰/۰۲۵۶				

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

(جدول ۴ و شکل ۱) می‌توان نتیجه‌گیری کرد که با افزایش زمان تخمیر، رنگ کل چای بیشتر به علت افزایش تئاروبیژن‌ها افزایش می‌یابد. ضرایب رابطه به‌دست آمده نیز بیانگر نقش بیشتر تئاروبیژن‌ها در ایجاد رنگ کل می‌باشد (رابطه ۷). نتایج تجزیه رگرسیون چند متغیره بین تئافلاوین و تئاروبیژن به عنوان متغیر مستقل با شفافیت به عنوان متغیر وابسته نیز بیانگر ارتباط بسیار معنی‌دار بین این متغیرها بود (جدول۶).

$$B = ۳/۵۰۴۰۷۱ + ۱/۶۴۲۵TF - ۰/۴۷۲۰۷۷TR \qquad r^۲ = ۰/۵۶ \quad [۴]$$

براساس رابطه ۴ که حدود ۵۶ درصد از تغییرات شفافیت به وسیله دو متغیر تئافلاوین و تئاروبیژن را توجیه شد، درصد شفافیت با افزایش تئافلاوین و کاهش تئاروبیژن افزایش یافت.

با توجه به این نتایج و هم‌چنین هم‌بستگی مثبت و معنی‌دار بین شفافیت و تئافلاوین (جدول ۳) می‌توان این گونه نتیجه‌گیری کرد که با کاهش میزان تئافلاوین و افزایش تئاروبیژن درصد شفافیت کاهش می‌یابد.

سپاسگزاری

از کلیه دوستان و همکاران محترم مرکز تحقیقات چای کشور (لاهیجان) به ویژه آقای مهندس شکرگزار مسئول آزمایشگاه چایسازی و همکاران محترم آزمایشگاه بیوشیمی سپاسگذاری می‌شود.

منابع مورد استفاده

۱. اقدس، م. ۱۳۷۹. واکنش‌های بیوشیمیایی در طول فرآوری چای. مجله خورنوش ۴۴:۲۱-۴۶.

۲. حافظی، م. ۱۳۸۳. بهینه سازی شرایط مرحله تخمیر اکسیداتیو در فرایند تولید چای سیاه ایران. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران.

۳. حسن پور اصیل، م. ۱۳۷۷ . *چایکاری و فن آوری چای*. انتشارات دانشگاه گیلان.

۴. حسن نژاد، ر. ۱۳۷۸. بررسی عوامل موثر بر کیفیت چای در مراحل فرایندی تولید آن. پایان نامه کارشناسی ارشد باغبانی، دانشگاه علوم و فنون مازندران.

۵. روفی‌گری حقیقت، ش.ر. ۱۳۸۱. تشکیل عطر و طعم در چای سیاه. مجله چای، انتشارات مرکز تحقیقات چای کشور، لاهیجان ۱۹:۳-۲۳.

۶. سجادی، م. ۱۳۸۰. بررسی ترکیبات شیمیایی برگ سبز چای و اندازه‌گیری تانن در نمونه‌های مختلف آن. پایان نامه کارشناسی، مرکز آموزش عالی فرهنگیان شهید باهنر لاهیجان.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-08-25]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.43.5.8]

۷. سراوانی، ک.ع. ۱۳۸۴. تخمین کیفیت چای سیاه با استفاده از تجزیه ترکیبات شیمیایی و آزمون حسی. پایان نامه کارشناسی ارشد باغبانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران.

۸. مرادمند، م.ط. و ف. اشپری. ۱۳۷۸. بررسی ترکیبات شیمیایی برگ سبز و چای خشک و اثرات آن در کیفیت چای استحصالی. طرح پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان.

9. Deka, M. and P.C. Bhattacharyya. 1997. Optimum fermentation for C.T.C Teas during different flushing seasons in North East India. J. Plant. Crops 25: 180-188.
10. Mahanta, P.K. and S. Baruah. 1992. Change in pigments and phenolics and their relationship with black tea quality. J. Sci. Food Agric. 59: 21-26.
11. Obanda, M., P.O. Owuor and R. Mangoka. 2001. Change in the chemical and sensory quality parameters of black tea due to variation of fermentation time and temperature. Food Chem. 75: 395-404.
12. Obanda, M., P.O. Owuor, R.M. Oka and M.M. Kavoi. 2004. Change in thearubigin fractions and theaflavin levels due to variation in processing conditions and their influence on black tea liquor brightness and total color. Food Chem. 85: 163-173.
13. Owuor, P.O. 1992. Change in quality parameters of commercial black seedling tea due to the time of the year in the Eastern Highlands of Kenya. Food Chem. 45: 119-124.
14. Owuor, P.O. 1994. Change in theaflavin composition and astringency during black tea fermentation. Food Chem. 51:251-254.
15. Owuor, P.O. and M. Obanda. 1998. The changes in black tea quality due to variations of plucking standard and fermentation time. Food Chem. 61: 435-441.
16. Owuor, P.O. and M. Obanda. 2001. Comparative responses in plain black tea quality parameters of different tea clones to fermentation temperature and duration. Food Chem. 72: 319-327.
17. Owuor, P.O. and J.E. Orchard. 1990. Changes in the plain tea quality parameters, individual theaflavins composition and tasters evaluation of black tea due to extent of two-stage wither, fermentation time and time of plucking. Tea Res. Found. 11: 29-33.
18. Owuor, P.O., J.E Orchard and I.J. McDowell. 1994. The changes in black tea quality due to variations of plucking standard and fermentation time. J. Sci. Food. Agric. 64: 319-326.
19. Owuor, P.O. and S.G. Reeves. 1986. Optimizing fermentation time in black tea manufacture. Food Chem. 21: 195-203.
20. Willson, K.C. and M.N. Clifford. 1998. Tea Cultivation to Consumption. Chapman & Hall Pub., London.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-08-25]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.43.5.8]