

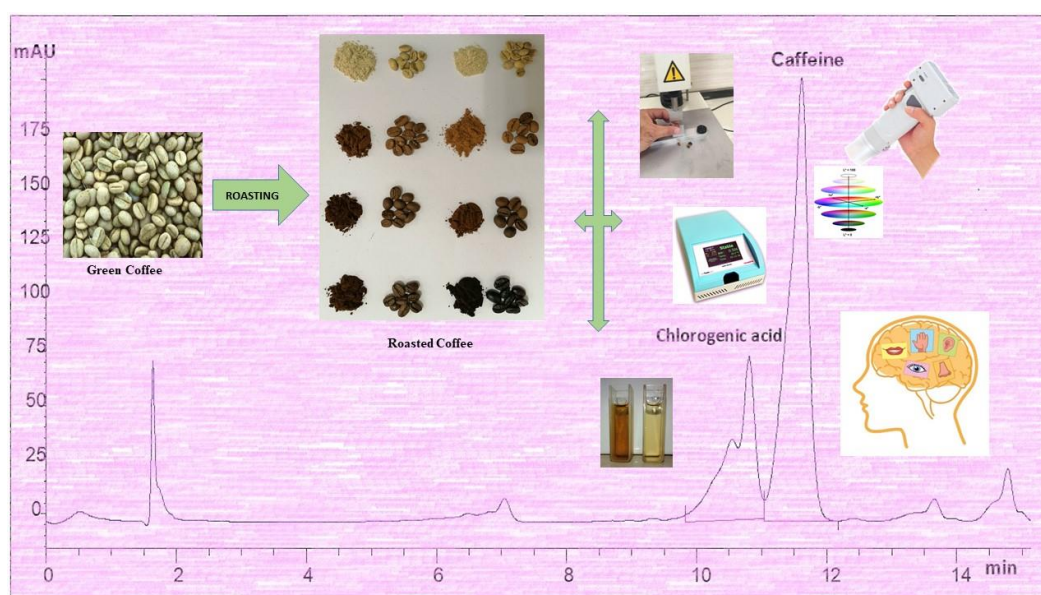
## The Effect of Industrial Roasting on the Physicochemical and Sensory Characteristics of Arabica and Robusta Coffee Beans

MAHSHID PARSAIE<sup>1</sup>, MOHAMMAD HOJJATI<sup>1\*</sup>, MOHAMMAD NOSHAD<sup>1</sup>, MEHRDAD NIAKOUSARI<sup>2</sup>

1. Department of Food Science and Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Iran

2. Department of Food Science and Technology, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

(Received: Aug. 3, 2022- Revised: Oct. 1, 2022- Accepted: Nov. 22, 2022)



**ABSTRACT:** The effect of three types of industrial roasting (light, medium, and dark) on the characteristics of two varieties of imported green coffee, *Coffea arabica* (Arabica) and *C. canephora* (Robusta) was investigated. The moisture content and water activity of samples decreased significantly during roasting. In dark roasting, the moisture contents of Robusta and Arabica beans were 0.39 and 0.41%, respectively. The caffeine and chlorogenic acid levels in green and roasted Robusta coffee were higher than Arabica coffee. The caffeine increased during roasting and reached 149.7 and 61.8 mg/l in dark roasted Robusta and Arabica, respectively. Chlorogenic acid decreased during roasting and in dark roasting, a very small amount (0-0.21 mg/l) remained in the studied samples. Roasting made the coffee beans crispier. The hardness of green beans decreased from 33.4-34.0 to 14.0-14.8 N in dark roasted samples. The color properties of coffee beans mainly changed from green to brown. Roasting reduced the antioxidant activity of the coffee and it decreased further with increasing temperature and time. The antioxidant potential of dark roasted samples reached 30.1-38.1 % of free radical inhibition at the highest concentration. Roasting produced a significant improvement in the sensory characteristics of the coffee drink. The drink made from Arabica coffee had a better appearance, aroma and taste. The coffee drink made from light roasted Arabica beans had a higher overall acceptance. Mixing two types of Robusta and Arabica coffee and roasting light and medium can be a good suggestion to prepare a coffee with desirable chemical and sensory properties.

**Keywords:** Roasting, Caffeine, Chlorogenic acid, Color

\* Corresponding author's e-mail: [hojjati@asnruk.ac.ir](mailto:hojjati@asnruk.ac.ir)

## اثر برشته‌کاری صنعتی بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی دانه‌های قهوه عربیکا و روبوستا

مهشید پارسایی<sup>۱</sup>، محمد حجتی<sup>۱\*</sup>، محمد نوشاد<sup>۱</sup>، مهرداد نیاکوثری<sup>۲</sup>

۱. گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ایران

۲. بخش علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران  
(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۵/۱۲ - تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۷/۹ - تاریخ تصویب: ۱۴۰۱/۹/۲)

چکیده: تأثیر سه نوع برشته‌کاری صنعتی (سبک، متوسط و تیره) بر خصوصیات دو نوع قهوه سبز وارداتی کافئا عربیکا (عربیکا) و کافئا کنفورا (روبوستا) بررسی گردید. میزان رطوبت و فعالیت آبی دانه‌ها طی برشته‌کاری به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. در برشته‌کاری تیره میزان رطوبت دانه‌های روبوستا و عربیکا به ترتیب ۰/۳۹ و ۰/۴۱ درصد بود. مقادیر کافئین و کلروژنیک اسید در قهوه سبز و برشته روبوستا بیشتر از عربیکا بود. کافئین در هر دو نوع قهوه طی برشته‌کاری افزایش یافت و به ترتیب به ۱۴۹/۷ و ۶۱/۸ میلی‌گرم در لیتر در روبوستا و عربیکای برشته‌شده تیره رسید. اسیدکلروژنیک طی برشته‌کاری کاسته شد و در برشته‌کاری تیره مقدار بسیار اندکی اسیدکلروژنیک (۰/۲۱- میلی‌گرم در لیتر) در نمونه‌های مورد مطالعه باقی ماند. برشته‌کاری موجب تردی بیشتر دانه‌های قهوه شد. میزان سختی دانه‌های سبز از ۴/۰-۳۳/۳۴ به ۱۴/۰-۱۴/۸ نیوتن در نمونه‌های برشته‌شده تیره رسید. خصوصیات رنگی دانه‌های قهوه در اثر بودادن عمدتاً از سبز به قهوه‌ای تغییر یافت. برشته‌کردن فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های قهوه را کاهش داد و با افزایش دما و زمان، افت بیشتری یافت. فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های برشته‌شده تیره در بیشترین غلظت به ۳۸/۱-۳۰/۱ درصد مهار رادیکال آزاد رسید. بودادن بهبودی قابل توجهی در خصوصیات حسی نوشیدنی قهوه ایجاد کرد. نوشیدنی حاصل از قهوه عربیکا رنگ ظاهری، عطر و طعم بهتری نسبت به قهوه روبوستا داشت. نوشیدنی قهوه دانه عربیکای برشته سبک دارای پذیرش کلی بالاتری بود. مخلوط کردن دو نوع قهوه روبوستا و عربیکا و برشته‌کردن سبک و متوسط می‌تواند پیشنهاد مناسبی جهت تهیه یک قهوه با خصوصیات مطلوب شیمیایی و حسی باشد.

واژه‌های کلیدی: بو دادن، کافئین، اسیدکلروژنیک، رنگ

## مقدمه

قهوه از جمله محصولات کشاورزی شناخته شده ارزشمندی است که پس از نفت دومین بازار مالی جهان را به خود اختصاص داده است (Marek *et al.*, 2020). ارزش بازار جهانی قهوه که عمدتاً از قهوه بو داده، فوری و آماده نوشیدن (Ready to drink) تشکیل شده است سالانه بیش از ۱۵ میلیارد دلار است و این رقم رو به رشد هم می باشد (Seninde & Chambers IV, 2020). براساس آمار سازمان خواروبار جهانی تولید قهوه طی سال های اخیر رو به افزایش بوده و در سال ۲۰۲۰ حدود ۱۰/۷ میلیون تن دانه سبز قهوه از حدود ۱۱ میلیون هکتار سطح زیرکشت تولید شده است که پنج کشور برزیل، ویتنام، کلمبیا، اندونزی و اتیوپی عمده تولیدکنندگان این دانه بوده اند (Faostat, 2022). اگرچه بیش از ۱۰۰ گونه قهوه شناسایی شده است ولی قهوه عربیکا (*Coffea arabica*) و روبوستا (*C. canephora*) به ترتیب حدود ۶۲٪ و ۳۷٪ از کل قهوه تولید شده در سطح جهان را تشکیل می دهند (Liu *et al.*, 2019). قهوه عربیکا دارای طعمی ملایم، خوشایند و عطری قوی است، در حالی که روبوستا دارای عطر و طعمی ضعیف تر و بویی گل آلود (muddy) است. قهوه روبوستا ارزان تر است و اغلب با دانه های قهوه عربیکا جهت کاهش قیمت و بهبود خاصیت کرمی شدن و تشکیل عطر و بوهای خاص ترکیب می شود (Liu *et al.*, 2019). براساس تحقیقات انجام شده، مصرف قهوه می تواند موجب کاهش احتمال ابتلا به بیماری های آلزایمر، پارکینسون، دیابت نوع دوم، سیروز کبدی، نارسایی های قلبی، سرطان های پروستات، پوست و دهان شود (Olechno *et al.*, 2021; Saloko *et al.*, 2019) و به دلیل وجود ترکیبات زیست فعال مختلف در حفظ و بهبود سلامت انسان نقش مثبتی دارد (Olechno *et al.*, 2021). قهوه حاوی بیش از ۲۰۰۰ ماده مختلف

مانند کربوهیدرات ها، فیبرها، ترکیبات نیتروژن دار، لیپیدها، مواد معدنی، اسیدها و استرها است که در این میان، اسیدهای کلروژنیک و کافئین به عنوان ترکیباتی که در سلامتی نقش دارند شناخته می شوند (Jeon *et al.*, 2019).

کلروژنیک اسید نوعی پلی فنول با خواص ضداکسایشی، ضد میکروبی و ضد فشار خون است که در جلوگیری از دیابت، کاهش چربی و کاهش وزن بدن موثر است (Awwad *et al.*, 2021). کافئین، آلکالوئیدی طبیعی و محرک سیستم عصبی مرکزی است و مقدار آن شاخصی از کیفیت نوشیدنی قهوه محسوب می شود و مصرف روزانه تا ۴۰۰ میلی گرم آن در بزرگسالان دارای اثرات سلامت بخشی است (Awwad *et al.*, 2021). مقادیر ترکیبات شیمیایی قهوه نظیر کافئین و کلروژنیک اسید با توجه به وارسته، محل کشت، روش فرآوری و آماده سازی متفاوت می باشد.

برشته کردن یا بودادن<sup>۱</sup> از مراحل مهم فرآوری قهوه قبل از مصرف است که تغییرات چشم گیری را در ویژگی های فیزیکی، شیمیایی، ساختاری و حسی دانه قهوه پدید می آورد (Pittia *et al.*, 2001). ترکیب دانه در حین بودادن در نتیجه پیرولیز، کاراملیزه شدن و واکنش های قهوه ای شدن میلارد تغییر می کند، برخی ترکیبات از بین می روند و برخی ترکیبات دیگر نیز تشکیل می شوند. ترکیب نهایی قهوه برشته شده با توجه به نوع قهوه، بودادن و متغیرهایی مانند نوع فرآیند، زمان، دما و سرعت جریان هوا متفاوت است (Olechno *et al.*, 2021; Pittia *et al.*, 2001; Seninde & Chambers IV, 2020) فرایند بودادن در دمای ۲۰۰ تا ۲۶۰ درجه سلسیوس انجام می پذیرد و بسته به درجه برشته شدن به چهار سطح روشن (light)، متوسط (medium)، متوسط-تیره (medium-dark) و تیره (dark) تقسیم می گردد (Olechno *et al.*, 2021).

دانه‌های قهوه سالم با اندازه و شکل ظاهری یکسان استفاده گردید. کلیه مواد شیمیایی مورد استفاده از شرکت‌های مرک آلمان و سیگما آلدریج آمریکا تهیه شدند.

#### فرآیند برشته‌کردن

برای برشته‌کردن دانه‌های سبز قهوه از یک دستگاه برشته‌کار صنعتی (مدل CR30، شرکت ایلیا روستر، اصفهان، ایران) با متوسط ظرفیت برشته‌کاری ۶۰ کیلوگرم دانه در ساعت، با ابعاد  $۲/۸ \times ۱/۵ \times ۳/۰$  متر (طول، عرض و ارتفاع)، وزن دو تن که مجهز به سیستم کنترل دمای درون درام و نمایش لحظه‌ای دمای دانه و دریچه شیشه‌ای برای مشاهده رنگ دانه در حین برشته‌کردن بود استفاده گردید. براساس دستورالعمل دستگاه برشته‌کار و تجربه‌های پیشین به منظور تهیه قهوه‌های سبک، متوسط و تیره، مقادیر ۱۵ کیلوگرم از دانه‌های قهوه عربیکا به ترتیب در دما و زمان‌های  $۲۳۰^{\circ}\text{C}$  و  $۲۲^{\circ}\text{C}$  دقیقه،  $۲۳۰^{\circ}\text{C}$  و  $۲۵$  دقیقه و  $۲۶۰^{\circ}\text{C}$  و  $۳۰$  دقیقه و دانه‌های قهوه روبوستا در دما و زمان‌های  $۲۲۰^{\circ}\text{C}$  و  $۲۶$  دقیقه،  $۲۵۰^{\circ}\text{C}$  و  $۲۸$  دقیقه و  $۲۶۰^{\circ}\text{C}$  و  $۳۰$  دقیقه در دستگاه برشته‌کار بو داده شدند.

#### محتوی رطوبت و فعالیت آبی

میزان رطوبت نمونه‌های قهوه به روش آن‌گذاری در دمای  $۱۰۵^{\circ}\text{C}$  تا رسیدن به وزن ثابت اندازه‌گیری شد. برای تعیین میزان فعالیت آبی نمونه‌های قهوه از یک دستگاه اندازه‌گیری فعالیت آبی رومیزی (Lab Touch-Basic, Novasina AG, Talstrasse, Switzerland) استفاده گردید.

#### سختی بافت

میزان سختی<sup>۳</sup> بافت دانه‌های قهوه با استفاده از دستگاه آنالیز بافت (Texture Analyzer TA-XT2i, Stable) (Micro Systems, Surrey, UK) و یک پروب آلومینیومی برشی (A/WEG) انجام شد. بیشترین نیرو

تاکنون تحقیقات متعددی در خصوص تغییرات ترکیبات دانه‌های قهوه در اثر نوع برشته شدن در شرایط آزمایشگاهی انجام پذیرفته است که نتایج برخی از آن‌ها نشان دهنده تاثیر درجه برشته کردن بر انواع ترکیبات شیمیایی و خصوصیات فیزیکی و حسی دانه قهوه بوده است (Hečimović *et al.*, 2011; Król *et al.*, 2020; Ludwig *et al.*, 2014; Macheiner *et al.*, 2019; Rao *et al.*, 2020). طبق بررسی‌های کتابخانه‌ای صورت گرفته، تاکنون گزارش علمی معتبری مبنی بر تاثیر برشته‌کاری صنعتی و کاربردی (که به ترتیب با ظرفیت بیش از ۱۰ و ۱ کیلوگرم در دستگاه‌های برشته‌کار شرکت‌های تولید کننده قهوه بوداده و فروشگاه‌های عرضه نوشیدنی قهوه کار می‌کنند) بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی دانه‌های قهوه مورد مصرف در تهیه پودرهای قهوه آماده مصرف منتشر نگردیده است و بنابراین هدف از انجام این پژوهش کاربردی، بررسی اثر سه نوع برشته کردن تجاری و مرسوم در ایران (سبک، متوسط و تیره یا شکلاتی) بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی دو نوع قهوه وارداتی عربیکا و روبوستا در شرایط تجاری بود. بدین منظور ابتدا ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی هر دو نوع دانه سبز قهوه مورد بررسی قرار گرفت و پس از برشته شدن در دما و زمان‌های مختلف در شرایط برشته‌کاری کارگاهی، دوباره همان خصوصیات بررسی و نوشیدنی‌های حاصل از آنها مورد مقایسه قرار گرفتند.

#### مواد و روش

##### مواد

دانه‌های قهوه سبز عربیکا<sup>۱</sup> و روبوستا<sup>۲</sup> وارداتی به ترتیب از کشورهای کلمبیا و اندونزی از یک شرکت وارد کننده معتبر در شیراز تهیه گردید. برای انجام این تحقیق ابتدا دانه‌های قوه شکسته شده جدا شدند و از



$$DPPH \text{ scavenging capability } (\%) = \frac{(A_{blank} - A_{sample})}{A_{blank}} \times 100$$

در این معادله  $A_{sample}$ : جذب محلول DPPH پس از واکنش با غلظت معینی از نمونه های قهوه و  $A_{blank}$ : جذب محلول DPPH با متانول به جای قهوه (نمونه شاهد) می باشد.

#### مقادیر کافئین و کلروژنیک اسید

جداسازی و تعیین مقادیر کافئین و کلروژنیک اسید نمونه های قهوه با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا<sup>۲</sup> سری ۱۲۰۰ ساخت شرکت Agilent کشور آمریکا مجهز به حلقه تزریق ۲۰ میکرولیتری و به روش گرادیان انجام شد. دمای ستون در ۳۰ °C و آشکارساز فرابنفش در طول موج ۲۷۳ نانومتر تنظیم شدند. از ستون Zorbax eclipse C<sub>18</sub> به طول ۱۵ سانتی متر و قطر ۴/۶ میلی متر و قطر ذرات ۵ میکرومتر ساخت شرکت Dr. Mainsch کشور آلمان جهت جداسازی کافئین و اسید کلروژنیک استفاده شد. جهت پردازش داده ها از نرم افزار شبیه سازی ChemCAD Suite نسخه 7.1.6.12867 (Chemstation, Houston, USA) استفاده گردید. به منظور جداسازی بهتر ترکیبات از برنامه شویش گرادیان کمک گرفته شد. از دو حلال متانول و فرمیک اسید ۱ درصد و با سرعت جریان ۱ میلی لیتر در دقیقه به عنوان فاز متحرک استفاده گردید. برنامه گرادیان فاز متحرک مورد استفاده در این تحقیق بدین شرح بود که در ابتدا نسبت حجمی متانول به فرمیک اسید یک درصد، ۱۰ به ۹۰ بود که در طول ۱۰ دقیقه این نسبت به ۲۵ : ۷۵ رسید و سپس طی ۱۰ دقیقه به ۴۰ درصد متانول و ۶۰ درصد فرمیک اسید یک درصد رسید. کل زمان جداسازی در این روش ۲۰ دقیقه بود که با مقایسه زمان تاخیر و سطح زیر منحنی در کروماتوگرام هر نمونه با نمونه های استاندارد، کافئین و کلروژنیک اسید شناسایی و میزان این ترکیبات

جهت شکسته شدن دانه های قهوه به عنوان میزان سختی بر حسب نیوتن گزارش شد.

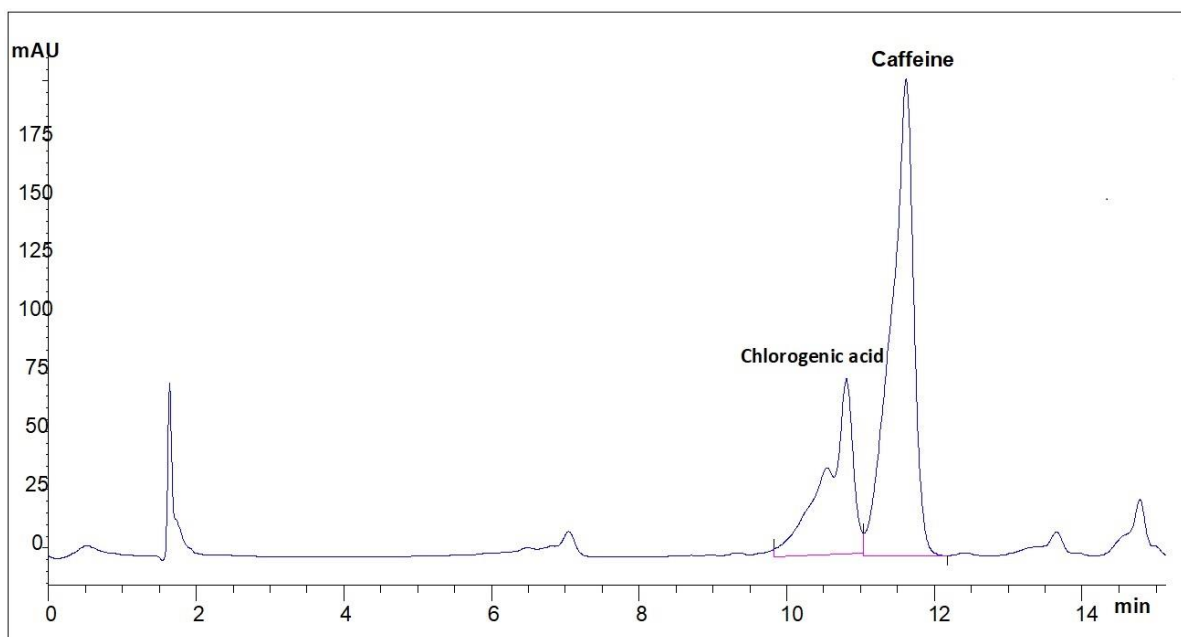
#### خصوصیات رنگی

خصوصیات رنگی نمونه های قهوه شامل میزان روشنایی ( $L^*$ )، شدت قرمزی ( $a^*$ ) و شدت زردی ( $b^*$ ) با استفاده از دستگاه رنگ سنج (CR-400, Konica Minolta, Inc., Osaka, Japan) بررسی شد و بدین منظور دانه های نمونه قهوه، ابتدا آسیاب شده و سپس خصوصیات رنگی آنها اندازه گیری شد (Pittia et al., 2001).

#### فعالیت آنتی اکسیدانی

فعالیت آنتی اکسیدانی نمونه ها به روش Alkaltham و همکاران (۲۰۲۰) و با استفاده از تجزیه رادیکال آزاد ۱،۱-دیفنیل-۲-پریکیل هیدرازیل ( $DPPH^1$ ) با اندکی تغییرات مورد بررسی قرار گرفت (Alkaltham et al., 2020). بدین منظور ابتدا دانه های قهوه با آسیاب برقی خانگی مدل SCG-13 ساخت شرکت Sayona کشور چین پودر و با نسبت یک به ده با آب مقطر ۱۰۰ °C در یک ظرف درب بسته به مدت ۱۵ دقیقه مخلوط شد و سپس به کمک یک تشت کوچک یخ تا دمای محیط سرد گردید. عصاره حاصل از صافی واتمن عبور داده شد و غلظت های ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵، ۰/۶، ۰/۷، ۰/۸، ۰/۹ و ۱/۰ میلی گرم در میلی لیتر از آن تهیه و جهت آزمون آنتی اکسیدانی استفاده گردید. مقدار ۲ میلی لیتر از غلظت های تهیه شده که به نسبت ۱ به ۱۰ در آب گرم رقیق شده بود در لوله های آزمایش با ۲ میلی لیتر از محلول ۰/۱ میلی مولار DPPH در متانول مخلوط و به مدت ۳۰ دقیقه در یک محل تاریک در دمای اتاق نگهداری شد. سپس جذب نمونه با دستگاه اسپکترو-فتومتر (WPA, Biowave II, Biochrom, Cambridge, UK) در طول موج ۵۱۷ نانومتر اندازه گیری و در نهایت درصد مهارکنندگی رادیکال آزاد نمونه قهوه با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد :

با رسم منحنی های استاندارد تعیین گردید. یک نمونه کروماتوگرام در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- نمونه کروماتوگرام حاصل از کروماتوگرافی مایع با کارایی بالای کلروژنیک اسید و کافئین (مربوط به قهوه سبز ربوستا)  
 Figure 1. A typical chromatogram from the HPLC of chlorogenic acid and caffeine (Robusta green coffee bean sample)

### تجزیه و تحلیل آماری

این پژوهش در قالب یک طرح کامل تصادفی صورت پذیرفت و تمامی آزمایش‌ها و آزمون‌ها در سه تکرار انجام شدند. نتایج با استفاده از آزمون واریانس یک‌طرفه و با کمک نرم‌افزار آماری (SPSS Inc., Version 20, SPSS Chicago, IL, USA) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. اختلاف بین میانگین نتایج با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد ( $P < 0.05$ ) بررسی گردید.

### نتایج و بحث

میزان رطوبت و فعالیت آبی اثر انواع مختلف برشته‌کاری سبک، متوسط و تیره بر میزان رطوبت و فعالیت آبی دو نمونه دانه قهوه عربیکا و ربوستا در جدول ۱ نشان داده شده است. میزان رطوبت قهوه سبز عربیکا و ربوستا به ترتیب ۸/۲۱ و ۹/۱۶ درصد بود که با افزایش دما و زمان بودادن به طور معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) کاهش یافت به طوری که در برشته‌کاری تیره

### ارزیابی حسی

جهت بررسی خصوصیات حسی نمونه‌های قهوه، ابتدا از هر یک از نمونه‌های قهوه سبز و برشته‌شده با دستگاه اسپرسوساز دو گروپ تمام اتوماتیک مدل Onyx 2018 ساخت شرکت Expobar Espresso Machine کشور اسپانیا نوشیدنی تهیه شد. بدین منظور از هر نمونه پودر قهوه حدود ۵ گرم در هر پیمانانه دستگاه قهوه‌ساز ریخته شد و پس از اضافه شدن آبجوش به آن توسط دستگاه، حدود ۲۰ میلی‌لیتر نوشیدنی اسپرسوی قهوه از هر نمونه تهیه شد. نوشیدنی‌ها درون لیوان‌های کوچکی که کدگذاری سه رقمی شده بودند در اختیار ده ارزیاب که تجربه ارزیابی خصوصیات حسی فرآورده‌های غذایی و به ویژه انواع نوشیدنی نظیر آزمون‌های قهوه را داشتند قرار گرفتند و رنگ ظاهری، بو، طعم و پذیرش کلی نمونه‌ها از طریق آزمون مقیاس ۱۱ نقطه‌ای (۱۰:۱ بالاترین امتیاز، ۰: کمترین امتیاز) مورد بررسی قرار گرفت.

دانه های قهوه و سرآغاز تغییرات فیزیکی از جمله تردتر شدن در دانه می گردد و با افزایش دما و زمان میزان کاهش رطوبت نیز افزایش می یابد (Shan *et al.*, 2016). همچنین نتایج نشان داد که با افزایش درجه بودادن، مقادیر فعالیت آبی نمونه های قهوه به طور چشم گیری کاهش یافت به طوری که از ۰/۴۵ و ۰/۵۰ در دانه های سبز عربیکا و روبوستا به ترتیب به ۰/۱۹ و ۰/۲۲ در برشته کاری تیره رسید. در مطالعه ای فعالیت آبی دانه های سبز روبوستا برداشت شده از ساحل عاج ۰/۵۲۳ گزارش گردید که پس از فرآیند برشته کاری تیره به ۰/۲۰ کاهش یافت (Pittia *et al.*, 2007).

به ترتیب به ۰/۴۱ و ۰/۳۹ درصد رسید. نتایج این تحقیق با سایر مطالعاتی که کاهش میزان رطوبت انواع دانه های قهوه را طی بودادن به روش ها و درجه های مختلف گزارش کرده بودند مطابقت داشت (Alkaltham *et al.*, 2020; Bobková *et al.*, 2020; Pittia *et al.*, 2007; Shan *et al.*, 2016) در تحقیقات مختلف، مقادیر متفاوتی از محتوی رطوبت دانه های قهوه گزارش شده است که به نوع واریته، شرایط کشت، شرایط آب و هوایی و نحوه بودادن بستگی دارد (Alkaltham *et al.*, 2020). به طور کلی برشته کاری فرایندی حرارتی است که موجب جداسدن مولکول های آب آزاد و باند شده از بافت

جدول (۱) اثر برشته کاری بر مقادیر رطوبت، فعالیت آبی، کافئین و کلروژنیک اسید دانه های قهوه عربیکا و روبوستا

Table (1) Effect of roasting on the moisture content, water activity, caffeine, and chlorogenic acid of Arabica and Robusta coffee beans

واریه	نمونه قهوه	رطوبت (%)	فعالیت آبی	کافئین (میلی گرم در لیتر)	کلروژنیک اسید (میلی گرم در لیتر)
Cultivar	Coffee sample	Moisture (%)	Water activity	Caffeine (mg/L)	Chlorogenic acid (mg/L)
عربیکا Arabica	دانه سبز Green Beans	8.21±0.24 <sup>b</sup>	0.45±0.00 <sup>b</sup>	35.8±0.9 <sup>f</sup>	16.4±0.2 <sup>c</sup>
	برشته سبک Roasted Light	1.64±0.02 <sup>c</sup>	0.26±0.00 <sup>c</sup>	61.5±0.8 <sup>e</sup>	6.4±0.6 <sup>d</sup>
	برشته متوسطه Roasted Medium	1.10±0.01 <sup>d</sup>	0.23 ±0.00 <sup>e</sup>	98.2±0.7 <sup>d</sup>	3.3±0.5 <sup>e</sup>
	برشته تیره Roasted Dark	0.41±0.01 <sup>e</sup>	0.19±0.00 <sup>f</sup>	61.0±1.0 <sup>e</sup>	0.0±0.0 <sup>f</sup>
روبوستا Robusta	دانه سبز Green Beans	9.16 ±0.08 <sup>a</sup>	0.50±0.00 <sup>a</sup>	103.3±0.9 <sup>c</sup>	25.1±0.6 <sup>a</sup>
	روبوستا سبک Roasted Light	1.23±0.01 <sup>d</sup>	0.25±0.00 <sup>ed</sup>	198.4±1.6 <sup>a</sup>	21.1±0.6 <sup>b</sup>
	برشته متوسط Roasted Medium	1.17±0.00 <sup>d</sup>	0.24±0.00 <sup>d</sup>	154.3±2.8 <sup>b</sup>	0.7±0.1 <sup>f</sup>
	برشته تیره Roasted Dark	0.39±0.01 <sup>e</sup>	0.22±0.00 <sup>e</sup>	149.7±2.1 <sup>b</sup>	0.2±0.0 <sup>f</sup>

\*حروف کوچک مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی داری بین نمونه ها است.

کافئین و کلروژنیک اسید در دانه سبز عربیکا به ترتیب ۳۵/۸ و ۱۶/۴ میلی گرم در لیتر بود در حالی که در دانه سبز روبوستا مقادیر کافئین و کلروژنیک اسید به ترتیب ۱۰۳/۳ و ۲۵/۱ میلی گرم در لیتر بود (جدول ۱) که با مشاهدات سایر محققین که میزان کافئین و کلروژنیک اسید موجود در دانه های قهوه روبوستا را بالاتر از عربیکا گزارش کرده بودند مطابقت داشت (Macheiner *et al.*,

کافئین و کلروژنیک اسید نتایج بررسی مقادیر کافئین و کلروژنیک اسید قهوه با استفاده از کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا در جدول ۱ نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می شود مقادیر کافئین و کلروژنیک اسید در هر دو واریته قهوه متفاوت بود و مقادیر کافئین و کلروژنیک اسید در دانه های سبز روبوستا بیشتر از نمونه عربیکا بود. مقادیر

(Rao *et al.*, 2020; *et al.*, 2020) و عده‌ای ثابت ماندن (Tfouni *et al.*, 2014) میزان کافئین قهوه طی برشته‌کاری را گزارش نموده‌اند. این در حالی است که در همه تحقیقات انجام شده کاهش میزان کلروژنیک اسید طی فرآیند بودادن گزارش گردیده است (Hečimović *et al.*, 2011; Król *et al.*, 2020; Macheiner *et al.*, 2019). در تحقیق حاضر نیز با افزایش دما و زمان بودادن مقدار کلروژنیک اسید در هر دو نوع نمونه عربیکا و روبوستا به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد. به‌طوریکه در نمونه عربیکای برشته شده با درجه تیره هیچ اثری از کلروژنیک نبود و در نمونه قهوه برشته تیره نمونه روبوستا مقدار بسیار اندکی (۰/۲۱ میلی‌گرم در لیتر) از آن اندازه‌گیری شد. افزایش دما و زمان بودادن منجر به از بین رفتن مقادیر بیشتری از کلروژنیک اسید می‌گردد که به علت ناپایداری حرارتی آن می‌باشد (Diviš *et al.*, 2019). بیشترین تخریب کلروژنیک اسید در بودادن با درجات پائین‌تر (سبک و متوسط) صورت می‌پذیرد به‌طوریکه بیش از ۶۰ درصد کلروژنیک اولیه در بودادن سبک و متوسط از بین می‌رود (Macheiner *et al.*, 2015; Wang & Lim, 2019) که با نتایج تحقیق حاضر منطبق است. طی فرآیند برشته‌کردن پیوندهای کربن-کربن موجود در کلروژنیک اسید شروع به شکستن کرده و منجر به تخریب حرارتی و ایزومریزاسیون ساختارهای کلروژنیک و تولید ترکیبات دیگر می‌شود (Awwad *et al.*, 2021).

#### فعالیت آنتی‌اکسیدانی

نتایج بررسی تاثیر برشته‌کاری بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های قهوه در شکل ۱ نشان داده شده است. میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های قهوه متناسب با غلظت آنها بود، به‌طوری‌که فعالیت آنتی‌اکسیدانی با افزایش میزان غلظت افزایش یافت. از طرفی فرایند بودادن فعالیت آنتی‌اکسیدانی دانه‌های قهوه سبز را به‌طور معنی‌داری در همه غلظت‌ها کاهش داد (شکل ۲).

(Olechno *et al.*, 2021; 2019). نتایج نشان داد که مقدار کافئین نمونه‌های قهوه با نوع برشته‌کاری تغییر معنی‌داری پیدا کردند و اگرچه روند مشخصی را طی نکردند ولی طی بودادن مقدار کافئین نمونه‌ها افزایش معنی‌داری نسبت به دانه‌های سبز نشان داد. بیشترین مقدار کافئین در نمونه‌های قهوه وارپته عربیکا در نمونه برشته متوسط (۹۸/۲ میلی‌گرم در لیتر) و در وارپته روبوستا در نمونه برشته سبک (۱۹۸/۴ میلی‌گرم در لیتر) مشاهده گردید. کافئین ترکیبی نسبتاً مقاوم به حرارت طی فرایند بودادن است که در مقابل درجه-حرارت‌هایی که جهت بودادن سبک و متوسط استفاده می‌شود کاملاً مقاوم است (Saloko *et al.*, 2019). در فرایند بودادن، باتوجه به از دست رفتن رطوبت و تجزیه ترکیبات مایعی همچون اسیدها، مقدار کافئین به‌طور نسبی افزایش می‌یابد ولی مقدار آن در نمونه‌های قهوه تهیه شده با درجه تیره همواره کمتر از نمونه‌های تهیه شده با درجه‌های سبک و متوسط است که با نتایج تحقیق حاضر نیز مطابقت دارد (Hečimović *et al.*, 2011; Saloko *et al.*, 2019). مشاهدات محققینی که درجه بودادن را در مقدار کافئین موثر دانسته بودند مطابقت داشت. آنها گزارش نمودند که مقدار کافئین با بودادن افزایش یافت و بیشترین افزایش در درجه بودادن متوسط مشاهده گردید ولی مقدار کافئین در برشته‌کاری تیره نسبت به سایر درجات بودادن کاهش یافت (Awwad *et al.*, 2021; Cuong *et al.*, 2014). علت کاهش کافئین در برشته‌کاری تیره، تصعید مقداری کافئین به همراه سایر ترکیبات فرار در دمای بالا ذکر شده است (Hečimović *et al.*, 2011; Olechno *et al.*, 2021). نتایج ارائه شده درخصوص تغییرات مقدار کافئین طی فرآیند برشته‌کاری متفاوت است و برخی محققین افزایش (Awwad *et al.*, 2021; Ludwig *et al.*, 2014; Macheiner *et al.*, 2019) بعضی دیگر کاهش (Hečimović *et al.*, 2011; Król



ترکیبات فنلی موجود در آن و به ویژه اسید کلروژنیک است (Alkaltham *et al.*, 2020; Bobková *et al.*, 2020). برشته کاری فرایندی حرارتی است که منجر به تخریب ترکیبات زیست فعال و فنولی زیادی مانند اسیدهای کلروژنیک می شوند که به نوبه خود می تواند فعالیت آنتی اکسیدانی دانه قهوه را کاهش دهد و این تخریب با افزایش درجه حرارت و زمان برشته کردن بیشتر صورت می پذیرد (Alkaltham *et al.*, 2020).

در تحقیقی مشاهده شد که قهوه سبز عربیکا و روبوستا در مقایسه با قهوه بوداده حاوی ترکیبات پلی- فنول کل و فعالیت آنتی اکسیدانی بیشتری بودند که با بودادن سبک فعالیت آنتی اکسیدانی نمونه ها اندکی افزایش داشت اگرچه مقادیر ترکیبات فنولی کل کاهش یافت، در حالی که برشته کاری متوسط و تیره موجب کاهش فعالیت آنتی اکسیدانی قهوه گردید (Bobková *et al.*, 2020).

کیفیت ترکیبات زیست فعال در دانه قهوه تحت تأثیر عواملی مانند روش خشک کردن و بودادن قرار دارد و روشهای مختلف بودادن مانند استفاده از آون و میکروویو می تواند ترکیبات زیست فعال دانه قهوه را تحت تاثیر قرار دهد (Alkaltham *et al.*, 2020). همچنین، انتخاب پارامترهای خاص در طی فرآیند بودادن مثل زمان بودادن، دمای بودادن و غیره بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی محصول تأثیر زیادی می گذارد (Alkaltham *et al.*, 2020; Saloko *et al.*, 2019).

#### سختی بافت

میزان سختی بافت دانه های قهوه که با دستگاه بافت سنج بررسی گردید در شکل ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که سختی بافت دانه های قهوه طی فرایند بودادن کاهش یافت و دانه های قهوه برشته شده دارای بافتی تردتر و شکننده تر نسبت به دانه های سبز بودند. براساس شکل ۳، دانه های قهوه سبز عربیکا (۳۳/۴ نیوتن) و روبوستا (۳۴/۰ نیوتن) دارای بیشترین سختی

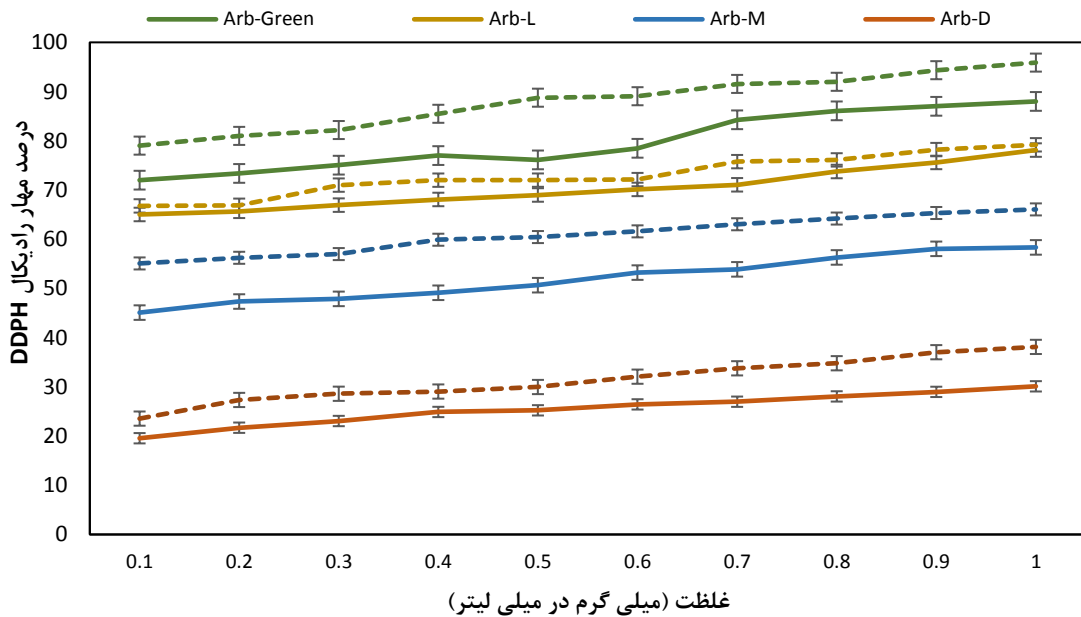
بیشترین فعالیت آنتی اکسیدانی در نمونه های سبز قهوه عربیکا و روبوستا و در غلظت ۱ میلی گرم در میلی لیتر به ترتیب ۸۸/۰ و ۹۸/۸ درصد مهار رادیکال DPPH بود و کمترین فعالیت آنتی اکسیدانی نیز در هر دو وارپته قهوه در نمونه های برشته تیره و در غلظت ۰/۱ میلی گرم در میلی لیتر به ترتیب به مقدار ۱۹/۵ و ۲۳/۵ درصد به دست آمد. Bobková و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که میزان فعالیت آنتی اکسیدانی در دانه های قهوه روبوستا بیشتر از عربیکا است زیرا ترکیبات فنولی و در راس آنها کلروژنیک اسید بیشتری در وارپته روبوستا وجود دارد (Bobková *et al.*, 2020). همانطور که شکل ۱ نیز نشان می دهد فعالیت آنتی اکسیدانی در قهوه سبز روبوستا بیشتر از عربیکا بود و همین روند در همه غلظت ها و در همه نمونه های برشته شده نیز مشاهده گردید و دلیل آن می تواند به حضور مقادیر بیشتر کلروژنیک اسید (نتایج جدول ۱) در وارپته روبوستا مرتبط باشد.

نتایج نشان داد که قهوه های برشته شده با درجه سبک دارای قابلیت بهتری در حفظ فعالیت آنتی اکسیدانی بودند و کمترین میزان افت فعالیت آنتی اکسیدانی در آنها مشاهده شد ولی شدت کاهش فعالیت آنتی اکسیدانی در نمونه های برشته متوسط و تیره بسیار چشم گیر بود. در تحقیق حاضر کاهش فعالیت آنتی اکسیدانی دانه های برشته سبک نسبت به قهوه سبز ۷/۵-۹/۱۵ درصد مهار رادیکال DPPH بود در حالی که میزان افت فعالیت آنتی اکسیدانی نمونه های برشته متوسط و تیره به ترتیب ۳۷/۳-۳۰/۲ و ۷۲/۸-۷۰/۲ درصد مهار رادیکال DPPH بود که با مشاهدات محققینی که کاهش بیشتر فعالیت آنتی اکسیدانی نمونه های قهوه را با افزایش درجه حرارت و زمان برشته کاری گزارش کرده بودند مطابقت داشت (Alkaltham *et al.*, 2020; Duarte *et al.*, 2005; Saloko *et al.*, 2019).

فعالیت آنتی اکسیدانی دانه قهوه به دلیل وجود

افزایش یافت (Shan *et al.*, 2016). تشکیل انواع ترکیبات فرار و گاز دی‌اکسیدکربن در حین بودادن، موجب افزایش فشار داخلی دانه و در نتیجه انبساط و ترک خوردن آنها می‌گردد که بافت متخلخل دانه‌ها را در پی خواهد داشت (Wang & Lim, 2015). همچنین، در طی برشته‌شدن، مقدار رطوبت دانه‌ها کاهش یافته و بافت پارانشیمی آنها نیز سست و تخریب می‌گردد. از این رو، کاهش سختی نشان‌دهنده کاهش تدریجی رطوبت در دانه و افزایش شکنندگی دانه‌های قهوه به‌عنوان ساختار متخلخل‌تری است که در طول فرآیند برشته‌سازی شکل می‌گیرد (Pittia *et al.*, 2001; Shan *et al.*, 2016).

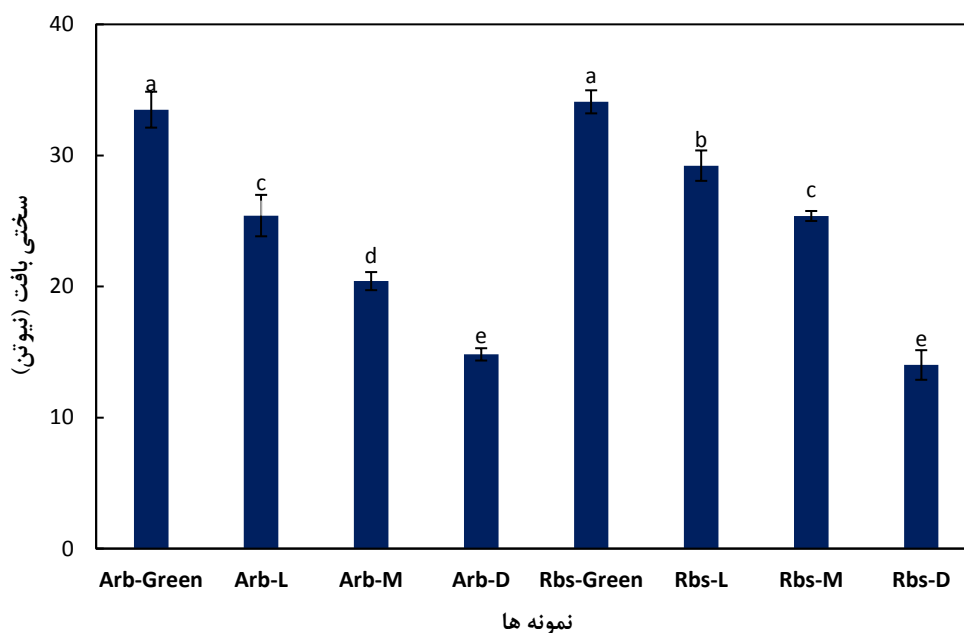
بودند که با اعمال فرایند بودادن به طور معنی‌داری از میزان سختی دانه‌های هر دو نوع قهوه کاسته شد. هر چه میزان نیرو جهت شکسته شدن دانه کمتر باشد یعنی دانه قهوه دارای بافتی ترد و شکننده‌تر است. نتایج نشان داد که درجه بودادن بر میزان تردی دانه‌های قهوه اثر معنی‌داری داشت به‌طوری‌که نمونه‌های برشته‌شده در سطح تیره دارای کمترین سختی یا به عبارتی بیشترین تردی بودند. نتایج پژوهش‌های پیشین نیز نشان دادند که برشته‌کردن قهوه تاثیر معنی‌داری بر خصوصیات بافتی دانه قهوه داشت و موجب تردتر شدن دانه گردید (Pittia *et al.*, 2001). همچنین Shan و همکاران مشاهده کردند که با افزایش دما و زمان برشته‌کردن، میزان تردی دانه‌های قهوه روبوستا به‌طور چشمگیری



شکل ۲- اثر برشته‌کاری سبک، متوسط و تیره بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی دانه‌های قهوه عربیکا و روبوستا

(Rbs-D: روبوستا-متوسط، Rbs-M: روبوستا-سبک، Rbs-L: عربیکا-تیره، Arb-D: عربیکا-متوسط، Arb-M: عربیکا-سبک، Arb-L: روبوستا، Rbs: عربیکا، Arb: روبوستا-تیره)

Figure 2. Effect of light, medium, and dark roasting on the antioxidant activity of Arabica and Robusta coffee beans (Arb: Arabica, Rbs: Robusta, Arb-L: Light Arabica, Arb-M: Medium Arabica, Arb-D: Dark Arabica, Rbs-L: Light Robusta, Rbs-M: Medium Robusta, Rbs-D: Dark Robusta)



شکل ۳- اثر برشته کاری سبک، متوسط و تیره بر میزان سختی بافت دانه های قهوه عربیکا و روبوستا (Arb: عربیکا، Rbs: روبوستا، Arb-L: عربیکا-سبک، Arb-M: عربیکا-متوسط، Arb-D: عربیکا-تیره، Rbs-L: روبوستا-سبک، Rbs-M: روبوستا-متوسط، Rbs-D: روبوستا-تیره)

Figure 3. Effect of light, medium, and dark roasting on the hardness (N) of Arabica and Robusta coffee beans (Arb: Arabica, Rbs: Robusta, Arb-L: Light Arabica, Arb-M: Medium Arabica, Arb-D: Dark Arabica, Rbs-L: Light Robusta, Rbs-M: Medium Robusta, Rbs-D: Dark Robusta)

\*حروف کوچک غیرمشترک روی ستون ها نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار ( $P < 0.05$ ) بین نمونه ها است.

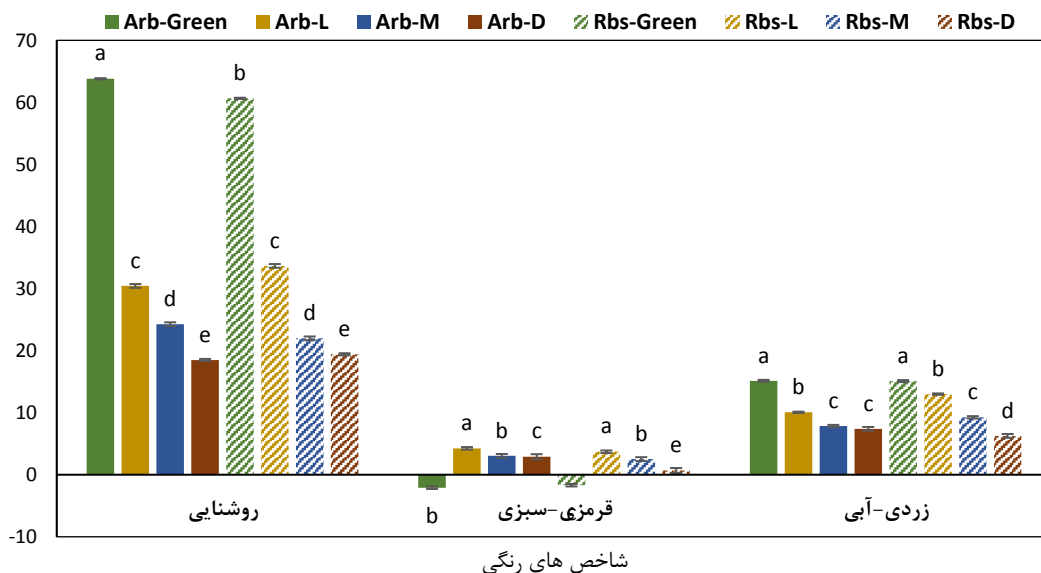
### خصوصیات رنگی

علت تغییرات رنگ طی فرایند بودادن تغییرات ترکیبات شیمیایی دانه قهوه است به طوری که برخی ترکیبات طی فرایند تجزیه و برخی ترکیبات رنگی دیگر تشکیل می-شوند که موجب تغییراتی در خصوصیات و پارامترهای رنگی دانه می-شوند (Wang & Lim, 2015). نتایج اثر برشته کاری بر پارامترهای رنگی دانه های قهوه در شکل ۴ نشان داده شده است. بودادن موجب کاهش میزان روشنایی دانه های قهوه شد که نشان دهنده تیره و قهوه-ای شدن دانه های قهوه در حین بودادن است. بیشترین کاهش میزان روشنایی در قهوه بوداده شده با درجه تیره یا شکلاتی مشاهده گردید، به طوری که مقدار روشنایی از ۶۳/۸ و ۶۰/۶ در دانه های سبز عربیکا و روبوستا به- ترتیب به ۱۸/۴ و ۱۹/۴ در دانه های برشته تیره رسید. همچنین میزان روشنایی در دانه های عربیکا و روبوستای برشته شده متوسط به ترتیب ۲۴/۲ و ۲۱/۹ و برای دانه های برشته شده سبک ۳۰/۴ و ۳۳/۶ بود. بیشترین

میزان کاهش روشنایی از دانه های سبز به دانه های برشته سبک مشاهده شد که نشان دهنده تغییر رنگ شدید دانه های قهوه از سبز روشن به قهوه ای روشن در کمترین دمای فرآیند بودادن است که کاملاً منطبق با نتایج پژوهش های پیشین است (Cho et al., 2014; Saloko et al., 2019). برشته کردن دانه های قهوه باعث می-شود که رنگ آن ها به تدریج از خاکستری مایل به سبز اولیه به قهوه ای، قهوه ای تیره و سیاه تغییر کند که بستگی به درجه برشته شدن دارد. از مقدار روشنایی یا  $L^*$  برای استنباط درجه برشته کردن استفاده می-شود به طوری که میزان روشنایی حدود ۳۰، بین ۲۵-۲۰ و کمتر از ۲۰ به ترتیب به درجه بودادن سبک، متوسط و تیره نسبت داده می-شود (Wang & Lim, 2015) که با نتایج بررسی میزان روشنایی نمونه ها در این تحقیق همخوانی داشت. مقدار  $a^*$  که بیانگر شدت قرمزی - سبزی است در دانه های قهوه سبز هر دو وارسته عربیکا و روبوستا به ترتیب ۲- و ۱/۶- بود که کمترین مقدار را

بودادن تغییرات رنگی در دانه‌های قهوه رخ می‌دهد و رنگ سبز و زرد دانه‌های قهوه خام یا سبز به رنگ قهوه-ای و سیاه تغییر پیدا می‌کنند (Pittia *et al.*, 2007). در حین فرآیند بودادن، واکنش میلارد اتفاق می‌افتد که به‌عنوان مهمترین عامل تغییر رنگ در قهوه محسوب می‌شود. این واکنش قهوه‌ای شدن بین کربونیل موجود در قند احیا کننده و آمین موجود در پروتئین‌ها یا اسیدهای آمینه رخ می‌دهد و باعث توسعه رنگ قهوه‌ای در دانه‌های بوداده می‌شود (Cho *et al.*, 2014). دلیل میزان قرمزی و زردی بیشتر در دانه‌های بوداده شده عربیکا نسبت به روبوستا را می‌توان به کمتر بودن شدت واکنش مایلارد در واریته روبوستا نسبت داد زیرا واریته قهوه روبوستا نسبت به عربیکا از میزان قند کمتری برخوردار است و در نتیجه رنگدانه‌های کمتری در اثر واکنش قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی میلارد از آن حاصل می‌گردد (Pittia *et al.*, 2007)

داشت و نشانه غالب بودن رنگدانه‌های سبز می‌باشد. همانطور که در شکل ۳ مشاهده می‌گردد با برشته کردن از میزان سبزی کاسته و به قرمزی افزوده شد. با افزایش دما و زمان برشته کردن یا درجه بودادن از مقدار قرمزی نمونه‌ها کاسته شد و کمترین میزان قرمزی در نمونه‌های برشته تیره مشاهده شد ولی میزان قرمزی در دانه‌های روبوستا کمتر از عربیکا بود. میزان قرمزی در دانه روبوستای برشته تیره ۰/۶۷ بود و در دانه عربیکای برشته تیره ۲/۹ بود. همچنین نتایج نشان داد که شدت زردی ( $b^*$ ) دانه‌های قهوه در اثر فرآیند بودادن کاهش یافت، به‌طوری‌که میزان زردی در نمونه‌های سبز عربیکا و روبوستا به ترتیب ۱۵/۱ و ۱۵/۰ بود که به کمترین مقدار خود در برشته تیره (۷/۳ و ۶/۲) رسیدند. این نتیجه مطابق با مشاهدات محققینی بود که کاهش میزان زردی نمونه‌های قهوه بوداده شده را با افزایش درجه برشته-کاری گزارش کرده بودند (Duarte *et al.*, 2005). به علت واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی و پیرولیز طی

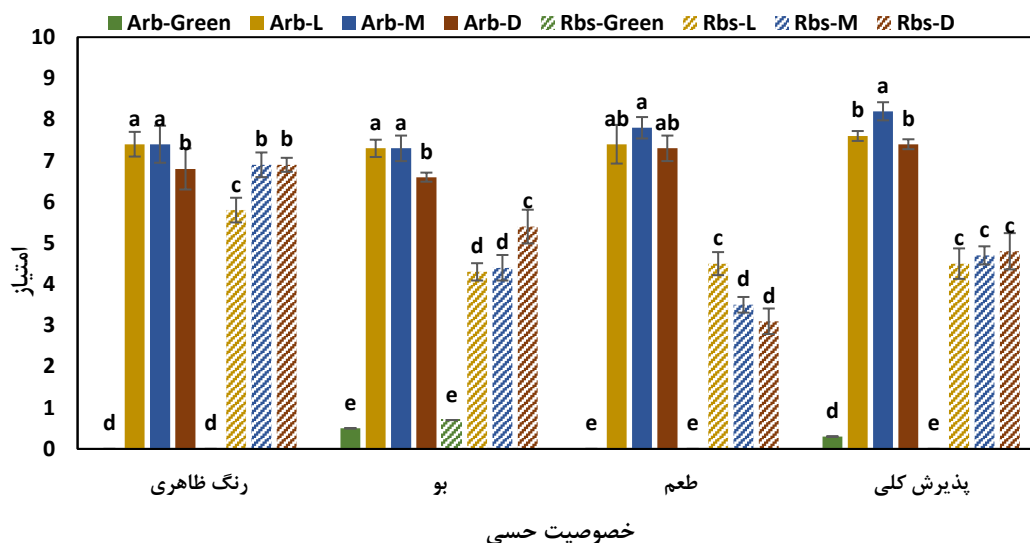


شکل ۴- اثر برشته‌کاری سبک، متوسط و تیره بر خصوصیات رنگی دانه‌های قهوه عربیکا و روبوستا

(Arb: Arabica, Rbs: Robusta, Arb-L: Light Arabica, Arb-M: Medium Arabica, Arb-D: Dark Arabica, Rbs-L: Light Robusta, Rbs-M: Medium Robusta, Rbs-D: Dark Robusta) (روبوستا-تیره)

Figure 4. Effect of light, medium, and dark roasting on the color properties of Arabica and Robusta coffee beans (Arb: Arabica, Rbs: Robusta, Arb-L: Light Arabica, Arb-M: Medium Arabica, Arb-D: Dark Arabica, Rbs-L: Light Robusta, Rbs-M: Medium Robusta, Rbs-D: Dark Robusta)

\*حروف کوچک غیرمشترک روی ستون‌ها نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار ( $P < 0.05$ ) بین نمونه‌ها است.



شکل ۵- اثر برشته کاری سبک، متوسط و تیره بر خصوصیات حسی دانه های قهوه عربیکا و روبوستا

(Arb: عربیکا, Rbs: روبوستا, Arb-L: عربیکا-سبک, Arb-M: عربیکا-متوسط, Arb-D: عربیکا-تیره, Rbs-L: روبوستا-سبک, Rbs-M: روبوستا-متوسط, Rbs-D: روبوستا-تیره)

Figure 5. Effect of light, medium, and dark roasting on the sensory properties of Arabica and Robusta coffee beans (Arb: Arabica, Rbs: Robusta, Arb-L: Light Arabica, Arb-M: Medium Arabica, Arb-D: Dark Arabica, Rbs-L: Light Robusta, Rbs-M: Medium Robusta, Rbs-D: Dark Robusta)

\*حروف کوچک غیرمشترک روی ستون ها نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار ( $P < 0.05$ ) بین نمونه ها است.

#### ویژگی های حسی

نتایج ارزیابی حسی نوشیدنی تهیه شده از نمونه های قهوه نشان داد که بودادن تاثیر معنی داری بر خصوصیات حسی قهوه داشت به طوریکه منجر به افزایش مقبولیت کلی نوشیدنی قهوه در هر دو وارسته گردید (شکل ۵). از آنجائیکه قهوه به صورت بوداده شده توسط مردم مصرف می گردد، پائین بودن امتیازات و عدم مقبولیت نوشیدنی حاصل از قهوه سبز کاملاً طبیعی بود. نتایج ارزیابی حسی نشان داد که از نظر رنگ ظاهری قهوه عربیکای برشته سبک، متوسط و تیره به همراه قهوه روبوستای برشته متوسط و تیره دارای اختلاف معنی داری نبودند. در بررسی طعم و عطر نوشیدنی های قهوه، ارزیاب ها قهوه عربیکا را به قهوه روبوستا ترجیح دادند به طوریکه هر سه نوع نوشیدنی قهوه تهیه شده از وارسته عربیکا به طور معنی داری امتیازات بالاتری نسبت به نمونه های نوشیدنی قهوه روبوستا داشتند. کافئین از عوامل مهم در طعم تلخ قهوه محسوب گردیده و مقدار آن در وارسته

روبوستا حدوداً دو برابر عربیکا است و قهوه تهیه شده از دانه های روبوستا تلخ تر از قهوه تهیه شده از عربیکا است (Seninde & Chambers IV, 2020) و احتمالاً به همین دلیل ارزیاب ها در فرم های ارزیابی به طعم قهوه روبوستا به دلیل تلخی زیاد امتیاز کمتری دادند. ارزیاب ها از نظر مقبولیت کلی هم هر سه نوع نوشیدنی حاصل از قهوه بوداده عربیکا را بر قهوه روبوستا ترجیح دادند اگرچه قهوه عربیکای تهیه شده با درجه برشته متوسط از نظر طعم و مقبولیت کلی بهتر از سایر نمونه ها ارزیابی شد. تغییرات رنگ ظاهری و عطر و طعم دانه قهوه به تغییر ترکیبات شیمیایی طی فرایند بودادن وابسته است زیرا در اثر پیرولیز، واکنش قهوه ای شدن غیر آنزیمی و کاراملیزاسیون ترکیباتی در قهوه ایجاد می شوند که حاوی عطر و طعم و رنگ های مختلف و غالباً قهوه ای تا قهوه ای تیره هستند. از طرفی این تغییرات و تجزیه و تشکیل ترکیبات مختلف شیمیایی به درجه حرارت و زمان برشته کاری وابسته می باشند (Wang & Lim,



بود. برشته‌کاری موجب افزایش شکنندگی دانه‌های قهوه شد و با افزایش درجه برشته‌کاری میزان سختی بافت دانه‌ها کاهش یافت. خصوصیات رنگی دانه‌های قهوه تحت تاثیر برشته‌کاری قرار گرفت و با افزایش دما و زمان بودادن رنگ نمونه‌ها تیره‌تر شد. برشته‌کردن موجب کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های قهوه شد و با افزایش دما و زمان، افت بیشتری در فعالیت آنتی-اکسیدانی نمونه‌های قهوه مشاهده گردید به طوری که در برشته‌کاری تیره بیش از ۷۰ درصد فعالیت آنتی-اکسیدانی کاهش یافت. نتایج ارزیابی حسی نشان داد که بودادن تاثیر فراوانی در بهبود خصوصیات حسی نوشیدنی قهوه ایجاد داشت. نتایج ارزیابی حسی نوشیدنی‌های حاصل از نمونه‌های قهوه برشته شده نشان داد که نوشیدنی حاصل از قهوه عربیکا حاوی رنگ ظاهری، عطر و طعم بهتری نسبت به قهوه روبوستا است و ارزیاب‌ها نوشیدنی قهوه تهیه شده از دانه عربیکای برشته شده متوسط را به بقیه نمونه‌ها ترجیح دادند. باتوجه به ارزان بودن قهوه روبوستا و از طرفی بهتر بودن خصوصیات حسی قهوه عربیکا مخلوط نمودن این دو قهوه که سالهاست در شرکت‌های تولید قهوه صورت می‌پذیرد می‌تواند راهکاری مناسب جهت تولید یک مخلوط نوشیدنی قهوه مطبوع با قیمت مناسب باشد و با در نظر گرفتن نتایج این تحقیق می‌توان میزان کافئین قهوه مخلوط شده را به صورت برچسب‌زنی در اختیار مصرف‌کننده قرار داد.

### سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان جهت حمایت انجام این تحقیق تشکر می‌نمایند.

### REFERENCES

- Alkaltham, M. S., Musa Özcan, M., Uslu, N., Salamatullah, A. M., & Hayat, K. (2020). Effect of microwave and oven roasting methods on total phenol, antioxidant activity, phenolic compounds, and fatty acid compositions of coffee beans. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(11), 1–9.

(2015). حضور ترکیبات مختلف نظیر قندها، پروتئین‌ها، لیپیدها و انواع اسیدها در دانه قهوه موجب ایجاد ترکیبات بسیار متعدد و متنوعی طی فرایند برشته‌کاری می‌شوند که عطر و طعم و رنگ خاص و متنوعی دارند و ترکیبات فرار معطری مانند انواع اسیدها، الکل‌ها، استرها، آلدئیدها، کتون‌ها و فوران‌ها تشکیل می‌شوند که می‌توانند به قهوه بوداده عطر و طعم خاصی ببخشند (Choi et al., 2018; Diviš et al., 2019). به-طور کلی نتایج ارزیابی حسی نشان داد که برشته‌کاری بهبود معنی‌داری در خصوصیات حسی قهوه سبز ایجاد می‌کند و نوشیدنی قهوه عربیکا از نظر رنگ ظاهری، عطر، طعم و مقبولیت کلی بهتر از وارپته روبوستا بود. همچنین نتایج ارزیابی حسی نوشیدنی قهوه عربیکای تهیه شده با درجه متوسط را بهترین نمونه معرفی نمود.

### نتیجه گیری کلی

برشته‌کردن از مهمترین مراحل آماده سازی قهوه سبز قبل از مصرف است و به روش‌های مختلف بودادن دانه‌های قهوه انجام می‌پذیرد. در این تحقیق، سه درجه برشته‌کاری تجاری سبک، متوسط و تیره که از درجه حرارت و زمان‌های مختلفی برخوردار بودند جهت بودادن دو نوع قهوه سبز وارداتی عربیکا و روبوستا استفاده گردید. نتایج نشان داد که برشته‌کاری کاهش معنی‌داری در میزان رطوبت و فعالیت آبی دانه‌های قهوه ایجاد کرد. مقدار کافئین در هر دو نوع دانه قهوه طی برشته‌کاری افزایش یافت در حالی که از مقدار اسیدکلروژنیک، به عنوان یک ترکیب کاملاً شناخته شده زیست فعال در قهوه، کاسته شد. کاهش کلروژنیک اسید در برشته‌کاری تیره بسیار چشم‌گیر بود به طوری که مقدار بسیار اندکی اسیدکلروژنیک در نمونه‌ها باقی مانده

- Awwad, S., Issa, R., Alnsour, L., Albals, D., & Al-momani, I. (2021). Roasted coffee samples using HPLC-DAD and evaluation of the effect of degree of roasting on their levels. *Molecules*, 26(24), 7502. <https://doi.org/10.3390/molecules26247502>
- Bobková, A., Hudáček, M., Jakabová, S., Belej, L., Capcarová, M., Čurlej, J., Bobko, M., Árvay, J., Jakab, I., Čapla, J., & Demianová, A. (2020). The effect of roasting on the total polyphenols and antioxidant activity of coffee. *Journal of Environmental Science and Health - Part B Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 55(5), 495–500.
- Cho, A.R., Park, K.W., Kim, K.M., Kim, S.Y., & Han, J. (2014). Influence of roasting conditions on the antioxidant characteristics of colombian coffee (*Coffea arabica* L.) beans. *Journal of Food Biochemistry*, 38(3), 271–280.
- Choi, S., Jung, S., & Ko, K.S. (2018). Effects of coffee extracts with different roasting degrees on antioxidant and anti-inflammatory systems in mice. *Nutrients*, 10(3), 363.
- Cuong, T.V., Ling, L.H., Quan, G.K., Tiep, T. D., Nan, X., Qing, C.X., & Linh, T. Le. (2014). Effect of roasting conditions on several chemical constituents of Vietnam Robusta coffee. *Food Technology*, 38(2), 43–56.
- Diviš, P., Pořízka, J., & Kříkala, J. (2019). The effect of coffee beans roasting on its chemical composition. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 13(1), 344–350.
- Duarte, S. M. da S., Abreu, C.M.P., Menezes, H.C., Santos, M.H., & Gouvea, C. M.C.P. (2005). Effect of processing and roasting on the antioxidant activity of coffee brews. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 25(2), 387–393.
- Food and Agriculture Organization. (2022). Food and agriculture data. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Retrieved February 17, 2022, from [https://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries\\_by\\_commodity](https://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity).
- Hečimović, I., Belščak-Cvitanović, A., Horžić, D., & Komes, D. (2011). Comparative study of polyphenols and caffeine in different coffee varieties affected by the degree of roasting. *Food Chemistry*, 129(3), 991–1000.
- Jeon, J., Kim, H., Jeong, I., Hong, S., Oh, M., & Yoon, M. (2019). Contents of chlorogenic acids and caffeine in various coffee-related products. *Journal of Advanced Research*, 17, 85–94.
- Król, K., Gantner, M., Tatarak, A., & Hallmann, E. (2020). The content of polyphenols in coffee beans as roasting, origin and storage effect. *European Food Research and Technology*, 246(1), 33–39.
- Liu, C., Yang, Q., Linforth, R., Fisk, I. D., & Yang, N. (2019). Modifying Robusta coffee aroma by green bean chemical pre-treatment. *Food Chemistry*, 272, 251–257.
- Ludwig, I. A., Mena, P., Calani, L., Cid, C., Del Rio, D., Lean, M. E. J., & Crozier, A. (2014). Variations in caffeine and chlorogenic acid contents of coffees: What are we drinking? *Food and Function*, 5(8), 1718–1726.
- Macheiner, L., Schmidt, A., Schreiner, M., & Mayer, H. K. (2019). Green coffee infusion as a source of caffeine and chlorogenic acid. *Journal of Food Composition and Analysis*, 84, 103307.
- Marek, G., Dobrzański, B., Oniszczyk, T., Combrzyński, M., Ćwikła, D., & Rusinek, R. (2020). Detection and differentiation of volatile compound profiles in roasted coffee arabica beans from different countries using an electronic nose and GC-MS. *Sensors*, 20(7), 2124. <https://doi.org/10.3390/s20072124>
- Olechno, E., Puścion-Jakubik, A., Zujko, M. E., & Socha, K. (2021). Influence of various factors on caffeine content in coffee brews. *Foods*, 10(6), 1208.
- Pittia, P., Dalla Rosa, M., & Lerici, C. R. (2001). Textural Changes of Coffee Beans as Affected by Roasting Conditions. *LWT - Food Science and Technology*, 34(3), 168–175.
- Pittia, Paola, Nicoli, M. C., & Sacchetti, G. (2007). Effect of moisture and water activity on textural properties of raw and roasted coffee beans. *Journal of Texture Studies*, 38(1), 116–134.
- Rao, N. Z., Fuller, M., & Grim, M. D. (2020). Physiochemical characteristics of hot and cold brew coffee chemistry: The effects of roast level and brewing temperature on compound extraction. *Foods*, 9(7), 1–12.

- Saloko, S., Sulastri, Y., Murad, & Rinjani, M. A. (2019). The effects of temperature and roasting time on the quality of ground Robusta coffee (*Coffea robusta*) using Gene Caffee roaster. *Proceedings of the 2nd International Conference on Bioscience, Biotechnology, and Biometrics*, 60001–600014.
- Seninde, D. R., & Chambers IV, E. (2020). Coffee Flavor : A Review. *Beverages*, 6(44), 1–25.
- Shan, O. E., Zzaman, W., & Yang, T. A. (2016). Impact of different temperature-time profiles during superheated steam roasting on some physical changes of robusta coffee. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 39(3), 311-320.
- Tfouni, S. A. V, Carreiro, L. B., Teles, C. R. A., Furlani, R. P. Z., Cipolli, K. M., & Camargo, M. C. R. (2014). Caffeine and chlorogenic acids intake from coffee brew: Influence of roasting degree and brewing procedure. *International Journal of Food Science & Technology*, 49(3), 747–752.
- Wang, X., & Lim, L. T. (2015). Physicochemical characteristics of roasted coffee. *Coffee in health and disease prevention*, Elsevier Academic Press, USA, 247–254.