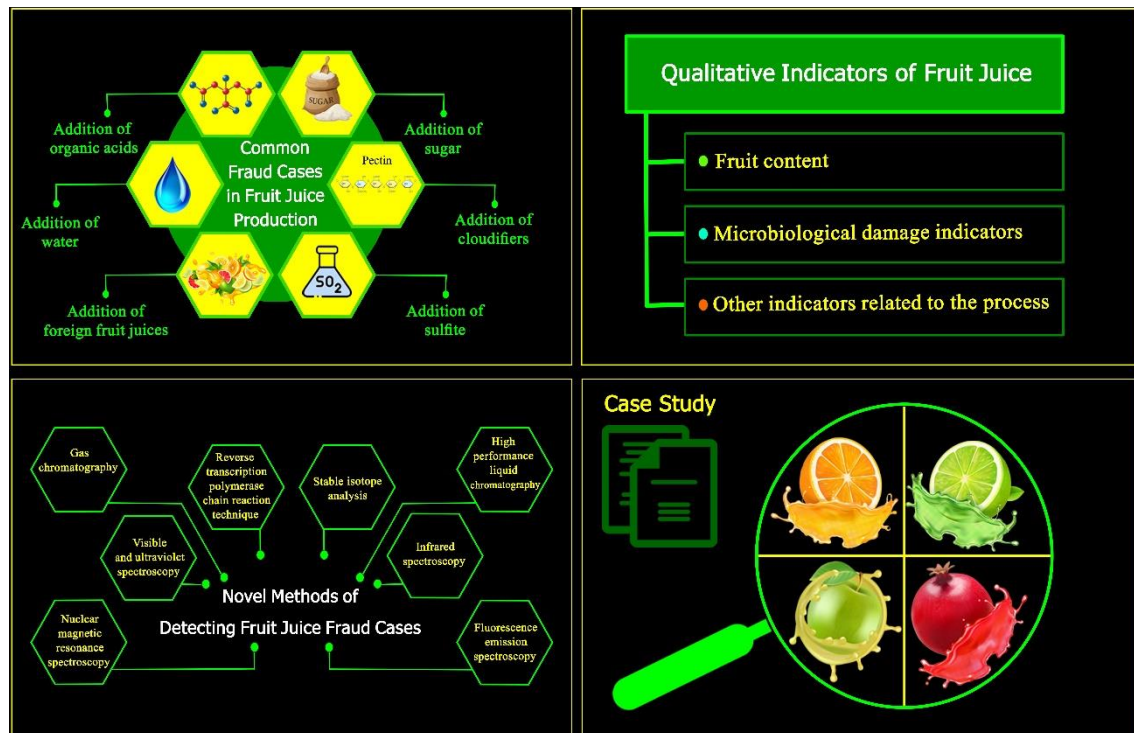


A review of different common fraud cases in fruit juice production and methods of detecting them

Negar Ravash^{1*}, Javad Hesari¹ & Ali Ayaseh¹

1. Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture,
Tabriz University, Tabriz, Iran.

(Received: May 25, 2021- Revised: Feb. 16, 2022- Accepted: Feb. 19, 2022)



ABSTRACT: Fruit juice is one of the most popular fruit products and is consumed by a wide range of individuals in societies in almost every age group. Some producers, however, perpetrate fraud in the production procedure due to economic and financial purposes. Thus, authenticity as well as quality have always been a major concern of consumers and officials in charge of setting regulations. Being aware of the frequent fraud in terms of fruit juice and being able to detect it are essential to differentiate between the unadulterated and adulterated product with more efficacy, which could be significant with regard to swift and accurate detection process and eventually the health of the consumer. This article aims to review the studies conducted on different common fraud cases in fruit juice production and methods of detecting them. Chromatographic techniques such as high-performance liquid chromatography and gas chromatography are the most common methods for determining the purity of juices. Among novel methods of detecting fruit juice fraud cases are stable isotope analysis, reverse transcription polymerase chain reaction technique, and spectroscopy techniques, namely infrared spectroscopy, visible and ultraviolet spectroscopy, nuclear magnetic resonance spectroscopy, and fluorescence emission spectroscopy. According to a vast majority of the studies, fruit juice production fraud entails cases of adding sugar, organic acids, water, foreign fruit juices, sulfite, and cloudifiers. Also noteworthy were determining fruit content, microbiological damage indicators, and other indicators related to thermal stress, enzyme treatment, and contamination by process water. As a general conclusion, in order to accurately and quickly detect of fraud cases, researchers should always take steps to develop and update fraud detection techniques.

Keywords: Fruit juice, Fruit product, Fraud, Authenticity

مروری بر انواع تقلبات رایج در آبمیوه‌ها و روش‌های تشخیص آن‌ها

نگار راوش^{۱*}، جواد حصاری^۱ و علی ایاسه^۱

۱- گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۳/۴ - تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۱/۲۷ - تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۱۱/۳۰)

چکیده: آبمیوه یکی از پرطرفدارترین فرآورده‌های حاصل از میوه‌جات است و به طور گسترده توسط تمامی آحاد جامعه در هر گروه سنی مصرف می‌شود. از طرفی برخی تولیدکنندگان بنا بر اهداف اقتصادی به انواع تقلبات روی می‌آورند. لذا اصالت و کیفیت آبمیوه‌ها همواره یکی از دغدغه‌های مصرف‌کنندگان و مسئولین وضع‌کننده مقررات بوده است. آگاهی از انواع تقلبات متداول در آبمیوه‌ها و روش‌های تشخیص آن‌ها از ضروریات دستیابی به روش‌های تشخیص کارآمدتر است، که می‌تواند در راستای تشخیص دقیق و سریع تقلبات و در نهایت سلامت مصرف‌کننده حائز اهمیت باشد. هدف از مقاله حاضر مرور مطالعات انجام‌گرفته در مورد انواع تقلبات در آبمیوه‌ها و روش‌های تشخیص آن‌ها بود. تکنیک‌های کروماتوگرافی از قبیل کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا و کروماتوگرافی گازی از متداول‌ترین روش‌های تعیین خلوص آبمیوه‌ها به حساب می‌آیند و از روش‌های نوین تشخیص تقلبات می‌توان به آنالیز ایزوتوپ-های پایدار، تکنیک واکنش زنجیره‌ای پلی‌مراز رونویسی معکوس و تکنیک‌های طیف‌سنجی اعم از طیف-سنجی مادون قرمز، طیف‌سنجی مرئی و فرابنفش، طیف‌سنجی رزونانس مغناطیسی هسته‌ای و طیف-سنجی گسیل فلورسانس اشاره کرد. بر اساس مطالعات انجام‌گرفته، متداول‌ترین تقلبات در مورد آب-میوه‌ها شامل اضافه کردن آب، قند، اسیدهای آلی، آبمیوه‌های دیگر، عوامل کدرکننده و نیز افزودن بیش از مقدار مجاز سولفیت هستند. همچنین تعیین محتوای میوه آبمیوه‌ها، تعیین شاخص‌های آسیب میکروبیولوژیکی، شاخص‌های آسیب حرارتی، شاخص‌های تیمار آنزیمی و شاخص‌های آلودگی با آب مورد استفاده در مراحل مختلف تولید، از نقطه‌نظر کیفیت آبمیوه‌ها حائز اهمیت هستند. به عنوان نتیجه‌گیری کلی، جهت تشخیص دقیق و سریع تقلبات، محققان بایستی همواره در راستای توسعه و به‌روزنمودن تکنیک‌های تشخیص تقلب، گام بردارند.

واژه‌های کلیدی: آبمیوه، فرآورده میوه، تقلب، اصالت

مقدمه

تقلب در آبمیوه‌ها، مانند تقلب در هر ماده غذایی دیگر یک مسئله اقتصادی است. بدان معنی که هدف اصلی از تقلب، رسیدن به سود بیشتر است. بنابراین ترکیبات اصلی مورد استفاده برای تقلب باید از خود آبمیوه‌ها ارزان‌تر باشند که عمدتاً شامل آب، شکر و آبمیوه‌های ارزان قیمت است (Preti, 2019).

برخی از تولیدکنندگان متقلب جهت جلوگیری از تشخیص تقلب، در تلاش برای دستیابی به پارامترهای مرجع هستند و برای رسیدن به این هدف ناچار به افزودن یک سری ترکیبات به آبمیوه هستند که ممکن است برخی از آن‌ها خطراتی برای سلامتی مصرف‌کنندگان به همراه داشته باشند (Karoui, 2012). از مهمترین تقلبات انجام گرفته در مورد آبمیوه‌ها می‌توان به افزودن آب، قندها (نظیر قند استحصالی از نیشکر و چغندر قند، شربت اینورت، شربت ذرت با فروکتوز بالا و شربت اینولین هیدرولیز شده)، مواد جامد بدست آمده از شستشوی پالپ و یا آبمیوه ارزان‌تر، اسیدهای آلی، کدرکننده‌ها و افزودن بیش از مقادیر مجاز سولفیت

اشاره کرد که برای تشخیص هرکدام از این تقلبات روش‌های متعددی ابداع شده است (Rafel et al., 2014; Dasenaki & Thomaidis, 2019).

تشخیص تقلب در آبمیوه‌ها به دلایل مختلفی از قبیل شباهت شیرین‌کننده‌های تجاری به قند طبیعی آبمیوه، تنوع گسترده میوه‌ها، تأثیر پارامترهای مختلف بر کیفیت و ویژگی‌های آبمیوه‌ها از جمله تفاوت در گونه، میزان رسیدگی، آب و هوا، مناطق رشد، فصل برداشت، فرآوری و شرایط نگهداری، بسیار چالش‌برانگیز است. بنابراین می‌توان گفت تعیین خلوص آبمیوه‌ها یک چالش بزرگ برای صنعتی است که به سرعت در حال رشد و گسترش است (Jandric & Cannavan, 2018). روش‌های نوین مورد استفاده برای تشخیص تقلبات و ارزیابی کیفیت آبمیوه‌ها در شکل ۱ ارائه شده است. برای رسیدن به تکنیک‌های تشخیص کارآمدتر نیاز به انجام مطالعات و پژوهش‌های بیشتری است. لذا مقاله حاضر با هدف مرور و جمع‌بندی یافته‌های علمی و مطالعات انجام گرفته در زمینه انواع تقلبات در آب‌میوه‌ها و روش‌های تشخیص آن‌ها، تدوین شده است.



شکل ۱- روش‌های نوین تشخیص تقلبات در آبمیوه‌ها

Figure 1- Novel methods of detecting fruit juice fraud cases (Dasenaki & Thomaidis, 2019; Rinke & Spraul, 2008)

تقلبات رایج در آبمیوه‌ها و روش‌های تشخیص آن‌ها

انواع تقلبات رایج در آبمیوه‌ها در شکل ۲ ارائه شده است.



شکل ۲- تقلبات رایج در آبمیوه‌ها
Figure 2- Common fraud cases in fruit juices
(Dasenaki & Thomaidis, 2019; Rinke, 2016)

افزودن قند

قند طبیعی موجود در آبمیوه‌ها به طور معمول شامل گلوکز، فروکتوز و ساکارز است و در آبمیوه‌های مختلف نسبت گلوکز به فروکتوز و مجموع قند کل (گلوکز، فروکتوز و ساکارز) و نیز نسبت ساکارز به قند کل، متفاوت است؛ لذا افزودن قند می‌تواند پروفایل قند طبیعی آبمیوه را تغییر دهد و به نظر می‌رسد با تعیین نسبت‌های مذکور در آبمیوه‌ها بتوان به تقلب افزودن قند پی برد. اما در اکثر تقلبات به منظور حفظ نسبت‌های مذکور در محدوده نوسانات طبیعی، از انواع مختلف قند و شربت‌های قند استفاده می‌شود. بنابراین تشخیص تقلب افزودن قند از طریق بررسی این نسبت‌ها دشوار خواهد بود (Willems & Low, 2014; 2018; Muntean, 2010; Jha & Gunasekaran, 2010; Ellis et al., 2016).

یکی از روش‌های تشخیص افزودن شربت‌های قندی به آبمیوه‌ها، بررسی نشانگرهای ویژه شربت‌های

قندی است. به عنوان مثال شربت حاصل از نشاسته حاوی مالتوز، مالتوتریوز، ایزومالتوز و الیگوساکاریدهای بلند زنجیر بیشتری نسبت به قندهای طبیعی موجود در آبمیوه‌ها است و حضور این ترکیبات در آبمیوه می‌تواند حاکی از تقلب افزودن شربت قندی باشد. با این‌حال میوه‌هایی که به طور طبیعی حاوی نشاسته هستند باید با دقت در نظر گرفته شوند (Wozniak et al., 2020; Zidkova & Chmelik, 2001). بطور کلی نشانگرهای تعریف‌شده برای شربت‌های نشاسته‌ای شامل مالتوز و ایزومالتوز، و نشانگرهای تعریف‌شده برای قند اینورت شامل ترکیبات متفاوتی از گلوکز و فروکتوز یا دو مولکول گلوکز هستند (Thavarajah & Low, 2006a).

قند الکلی سوربیتول نیز می‌تواند به عنوان یک نشانگر مهم برای تشخیص تقلبات افزودن قندهای حاصل از آبمیوه‌های سیبی^۱ (مثلاً سیب یا گلابی) به آن دسته از آبمیوه‌هایی که بطور طبیعی فاقد

مذکور را در پی خواهد داشت. به عنوان مثال نسبت ایزوتوپی $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ قندهای حاصل از نیشکر و ذرت با نسبت ایزوتوپی $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ قندهای طبیعی موجود در آب-میوه متفاوت است. بنابراین با بررسی نسبت ایزوتوپی $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ آب‌میوه می‌توان تقلب افزودن قند و نیز منشاء قند افزوده‌شده را تشخیص داد. برای تعیین نسبت ایزوتوپی $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ می‌توان از تکنیک طیف‌سنجی جرمی نسبت ایزوتوپی^۵ استفاده نمود (Cristea et al., 2021).

همچنین با بررسی نسبت ایزوتوپی $^2\text{H}/^1\text{H}$ نیز می‌توان قند افزوده‌شده به آب‌میوه را تشخیص داد. به عنوان مثال در نتیجه یک مطالعه محققان اذعان کردند که با تعیین نسبت ایزوتوپی $^2\text{H}/^1\text{H}$ می‌توان ساکارز (حاصل از چغندر قند یا نیشکر) افزوده‌شده به عصاره آناناس را تشخیص داد. در این مطالعه نسبت ایزوتوپی $^2\text{H}/^1\text{H}$ نمونه‌ها با تکنیک "GC- طیف‌سنجی جرمی نسبت ایزوتوپی^۶ تعیین شد (Kelly et al., 2021).

افزودن اسیدهای آلی

سطح اسیدیته بالاتر می‌تواند از نظر حسی مزیت محسوب شود و به برخی از آب‌میوه‌ها (به عنوان مثال آب لیمو، آب سیب، آب گیلان و آب توت سیاه) ارزش تجاری بیشتری بدهد. در اولین قدم برای تشخیص اسیدهای آلی افزوده‌شده، باید پروفایل کمی اسیدهای آلی اصلی موجود در نمونه آب‌میوه در مقایسه با نسبت طبیعی مابین آن‌ها در آب‌میوه اصیل بررسی شود (Uzheh et al., 2021; Jurado-Sanchez et al., 2011).

به عنوان مثال برای اکثر میوه‌هایی که اسید-سیتریک به عنوان ترکیب اصلی آن‌ها است، نسبت اسید سیتریک به اسید ایزوسیتریک یک شاخص مهم است (International Fruit and Vegetable Juice Association). هر دو اسید متابولیت‌های حاصل از چرخه سترات هستند و رابطه کمی کم و بیش پایداری در میوه‌های مذکور

سوربیتول هستند، مورد استفاده قرار بگیرد (Spinelli et al., 2016).

ترکیبات نشانگر را می‌توان با روش انگشت‌نگاری کروماتوگرافی گازی (GC)^۱ که توسط پروفیسور نیکلاس لو پایه‌گذاری شده است و اغلب به عنوان "روش Low-GC" شناخته می‌شود، شناسایی کرد (Low et al., 1999; Willems & Low, 2014). این روش شامل مراحل سیلیلاسیون با N-تری متیل سیلیل ایمیدازول^۲ و شناسایی با آشکارساز یونیزاسیون شعله‌ای است.

همچنین شناسایی الگوی الیگومر گلوکز با استفاده از کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC)^۳، روش معتبری است که با استفاده از آن می‌توان محصولات با وزن مولکولی بالای حاصل از تجزیه شربت‌های نشاسته-ای را شناسایی کرد (Fanali et al., 2016). به عنوان مثال در یک پژوهش برای تشخیص شیرین‌کننده‌های ارزان (شربت گلوکز، شربت فروکتوز و کنسانتره خرما) افزوده‌شده به کنسانتره سیب از این روش استفاده شد. در این مطالعه پروفایل کربوهیدرات نمونه‌ها با تکنیک HPLC با دکتور شاخص انکساری^۴ تعیین شد. شاخص‌های تعیین‌کننده تقلب شامل گلوکز، سوربیتول، ساکارز، مالتوز و نسبت گلوکز به فروکتوز بودند. براساس نتایج، نسبت گلوکز به فروکتوز و میزان مالتوز به عنوان بهترین شاخص‌های شناسایی اصالت کنسانتره سیب معرفی شدند. همچنین محققان بیان کردند که با استفاده از این روش، تشخیص شیرین‌کننده‌های ارزان افزوده‌شده به کنسانتره سیب تا محدوده ۱۰ درصد امکان‌پذیر است (Yeganeh-Zare et al., 2022).

یکی دیگر از روش‌های تشخیص تقلب افزودن قند به آب‌میوه بررسی نسبت ایزوتوپی $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ است. از آنجایی که نسبت ایزوتوپ‌های پایدار در هر آب‌میوه، خاص است لذا افزودن قند به آب‌میوه، تغییر نسبت‌های

index detector (HPLC-RID)

5 Isotope ratios mass spectrometry (IRMS)

6 Gas chromatography-isotope ratio mass spectrometry (GC-IRMS)

1 Gas chromatographic (GC) fingerprinting method

2 N-trimethylsilylimidazole

3 High-performance liquid chromatography (HPLC)

4 High-performance liquid chromatography coupled with a refractive

که معمولاً پایین‌تر از ۱ گرم در لیتر است. این یافته تأییدی را نمی‌توان روی آب‌میوه‌هایی که به طور طبیعی اسیدیته کمی دارند، اعمال کرد. همچنین این روش برای آب سیب با محتوای بالای اسیدگالاکتورونیک حاصل‌شده از تخریب پکتین (هنگامی که فناوری استخراج شامل استفاده بسیار قوی از فعالیت پکتینازی است) استفاده نمی‌شود (Will et al., 2000).

تقلب افزودن اسیدمالیک تجاری را می‌توان از طریق دو نشانگر ویژه (D- اسید مالیک و اسید فوماریک) تشخیص داد. با توجه به اینکه میوه‌ها فقط حاوی ایزومر L- اسید مالیک هستند لذا تشخیص D- اسید مالیک حاکی از افزودن مخلوط راسمیک سنتزی (D و L) است. ماده نشانگر دیگر، اسید فوماریک (محصول دهیدراته- شده اسید مالیک) است و معمولاً توسط HPLC اندازه- گیری می‌شود (European Fruit Juice Association; International Fruit and Vegetable Juice Association). هرچند امروزه اسید مالیک تجاری تولیدشده توسط فرآیندهای تخمیر، تنها حاوی ایزومر L- اسید مالیک است و عملاً عاری از اسید فوماریک است. به طور کلی امروزه برای تشخیص چنین تقلب‌هایی، آنالیز ایزوتوپ- های پایدار مورد نیاز است (Akamatsu et al., 2017).

افزودن آب

اضافه کردن آب به آب‌میوه‌ها یک تقلب سودآور است و حتی افزودن مقادیر کمی آب می‌تواند مزیت اقتصادی چشمگیری برای تولیدکنندگان بی‌پروا به همراه داشته باشد. متغیر بودن میزان مواد جامد محلول در آب‌میوه- های طبیعی و احتمال عدم تشخیص آب افزوده‌شده به عصاره‌های خالص، می‌تواند انگیزه بسیار بالایی برای تقلب ایجاد کند (Boggia et al., 2013; Kamiloglu, 2019; Xie et al., 2008).

در مورد محصولات حاصل از کنسانتره، فرد آنالیز- کننده به سادگی می‌تواند با تعیین بریکس توسط

دارند. برای نمونه طبق استاندارد ملی ایران مقدار اسید سیتریک، اسید ایزوسیتریک و نسبت اسید سیتریک به اسید ایزوسیتریک در آب‌لیموترش طبیعی به ترتیب ۷۵-۴۰ گرم بر لیتر، ۰/۶-۰/۱۸ گرم بر لیتر و ۲۰۰-۱۰۰ (حداکثر ۳۰۰) است. همچنین حد مجاز نسبت اسید سیتریک به اسید ایزوسیتریک در آب‌لیمو در استاندارد اروپا حداکثر ۳۰۰ تعیین شده است. برای اندازه‌گیری اسیدهای آلی از روش‌های HPLC - آشکارساز ماوراء بنفش، کروماتوگرافی مایع- اسپکترومتری جرمی متوالی (روش مرجع)، روش آنزیمی و الکتروفورز مؤئینه استفاده می‌شود (INSO¹-15851, 2019; Hajimahmoodi et al., 2013; Maham et al., 2019).

اسید ایزوسیتریک یک مرکز کایرال دارد و به طور طبیعی به صورت ایزومر D موجود است. مقدار کمی از این اسید ممکن است به صورت لاکتون حلقوی باشد. بنابراین جهت تعیین مقدار کل D- اسید ایزوسیتریک با روش آنزیمی، به یک مرحله هیدرولیز قلیایی جهت باز کردن حلقه لاکتون نیاز است (International Fruit and Vegetable Juice Association). اگر مرحله هیدرولیز قلیایی حذف شود و یا روش‌های دیگری مانند HPLC یا ایزوتاکوفورز موئین^۲ (نوعی از تکنیک الکتروفورز) برای تعیین مقدار D- اسید ایزوسیتریک مورد استفاده قرار بگیرد، در مقادیر مطلق انحراف ایجاد خواهد شد که در نهایت نسبت اسید سیتریک به اسید ایزوسیتریک محاسبه‌شده دارای خطای قابل توجهی خواهد بود (Kvasnicka et al., 2002).

یک رابطه جالب در آب سیب تفاوت بین غلظت مطلق اسید مالیک و اسیدیته قابل تیترا با نقطه انتهایی در pH مساوی با ۷ است و به صورت اسید تارتاریک بیان می‌شود. به طور کلی مقدار اسیدیته کمی پایین‌تر است. اسیدمالیک اضافه‌شده سیستم بافر طبیعی آب‌میوه را مختل می‌کند و منجر به افزایش این اختلاف می‌شود

HPLC، پروفایل اسیدهای آمینه ۶۶ نمونه آبمیوه (آب-میوه‌های سیب، پرتقال، آلبالو، آناناس، انبه، زردآلو، انار، هلو و انگور) تعیین شد. براساس نتایج، پروفایل اسیدهای آمینه ۳۲ درصد از نمونه‌های آبمیوه با پروفایل اسیدهای آمینه آبمیوه طبیعی مطابقت نداشت که نشان‌دهنده عدم اصالت نمونه‌های مذکور بود. محققان بیان کردند که با تعیین مقدار اسیدهای آمینه کل و غلظت پرولین آبمیوه و مقایسه آن با پروفایل اسیدهای آمینه آبمیوه طبیعی (استاندارد)، می‌توان به اصالت آبمیوه‌ها پی‌برد. به عبارت دیگر، عدم تطابق پروفایل اسیدهای آمینه آبمیوه مورد بررسی با پروفایل اسیدهای آمینه آبمیوه طبیعی می‌تواند ناشی از تقلب افزودن آب یا شربت قندی باشد (Asadpoor *et al.*, 2014). همچنین با بررسی نسبت ایزوتوپ‌های ^{18}O به ^{16}O می‌توان به تقلب افزودن آب به آبمیوه پی‌برد. زیرا نسبت ایزوتوپ‌ها در هر آبمیوه منحصر به فرد است و افزودن آب به آبمیوه منجر به تغییر نسبت‌های مذکور خواهد شد. به عنوان مثال محققان با این روش اصالت آبمیوه‌های سیب و پرتقال را مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش از تکنیک طیف‌سنجی جرمی نسبت ایزوتوپی برای تعیین نسبت ایزوتوپی ^{18}O به ^{16}O استفاده شد. با بررسی نسبت ایزوتوپی نمونه‌های آبمیوه مشخص شد از ۲۵ نمونه آبمیوه تجاری، ۲۴ نمونه از افزودن آب به کنسانتره میوه حاصل شده بودند (Cristea *et al.*, 2021).

افزودن آب میوه‌های دیگر

مخلوط کردن آب میوه‌های گران‌قیمت با آب میوه‌های ارزان‌تر یکی از تقلبات رایج است (Wistaff *et al.*, 2021; Kanwal & Tahir, 2018; Nuncio-Jauregui *et al.*, 2013). ترکیبات معینی وجود دارند که ویژگی منحصر به فرد گونه‌ها یا گروه‌های خاصی از میوه‌ها هستند که از آن‌ها می‌توان به عنوان نشانگر در سایر آبمیوه‌ها استفاده کرد. به عنوان مثال، فلوریزین^۱ که یک ترکیب

رفراکتومتر و اندازه‌گیری چگالی، تقلب را تشخیص دهد (International Fruit and Vegetable Juice Association). برای اکثر میوه‌ها، یک قانون حداقلی در دستورالعمل‌های فعلی اتحادیه اروپا (European Commission)، استاندارد آبمیوه کدکس (Codex) و آیین‌نامه آبمیوه اتحادیه اروپا (European Fruit Juice Association) وجود دارد. بسیاری از آبمیوه‌های خالص دارای بریکس یا چگالی بالاتر از حداقل هستند زیرا در این استانداردها تغییرات ترکیبی طبیعی نیز در نظر گرفته شده است. در برخی موارد، افزایش سدیم آبمیوه ممکن است ناشی از افزودن آب و یا آلودگی در حین فرآوری باشد. به عنوان مثال، حداکثر میزان سدیم برای آب پرتقال ۳۰ میلی‌گرم در لیتر است (European Fruit Juice Association)، که بالاتر از این مقدار می‌تواند آلودگی توسط سدیم مربوط به فرآیند و یا اضافه‌شدن آب را نشان دهد. متأسفانه، استانداردها بین حداکثر مقدار سدیم آبمیوه‌های خالص و آبمیوه‌های تهیه‌شده از کنسانتره تفاوتی قائل نمی‌شوند. بنابراین ادعای اینکه افزایش سدیم در محصولات خالص ناشی از تقلب افزودن آب است، دشوار می‌باشد (Orzepowski & Pulikowski, 2008; Ramos & Marin, 2014).

بطور کلی با بررسی ترکیب کاتیونی آبمیوه می‌توان اصالت آبمیوه‌ها را مورد ارزیابی قرار داد. هر آبمیوه ترکیب کاتیونی خاص خود را دارد و تغییر در ترکیب کاتیونی آبمیوه می‌تواند ناشی از ورود کاتیون‌های آب یا هرگونه افزودنی به آبمیوه باشد. سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم عمده کاتیون‌های موجود در آبمیوه هستند که با تکنیک‌های طیف‌سنجی جذب اتمی و ایزوتاکوفورز موئین قابل اندازه‌گیری هستند (Muntean, 2010).

روش دیگر برای تشخیص تقلب افزودن آب، بررسی پروفایل اسیدهای آمینه موجود در آبمیوه است. به عنوان مثال در یک پژوهش با استفاده از تکنیک

فنولی است، یک نشانگر مناسب برای تشخیص وجود سیب در فرآورده‌های میوه‌ای محسوب می‌شود. این ترکیب با استفاده از HPLC قابل تشخیص است (Hrubá *et al.*, 2021). در جدول ۱ گزیده‌ای از مهم‌ترین نشانگرهای مورد استفاده در آنالیز آب‌میوه‌ها ارائه شده است.

جدول ۱- نشانگرهای ویژه برخی از آب‌میوه‌ها

Table 1- Special markers of some fruit juices
(Hrubá *et al.*, 2021; Willems & Low, 2018; Rinke, 2016)

روش تشخیص	فرآورده*	نشانگر ویژه	آب‌میوه (افزوده‌شده به عنوان تقلب)
HPLC/UV	اکثر آب‌میوه‌ها	فلوریزین	عصاره سیب
HPLC-PDA LC-MS/MS	عصاره گلابی	4-O-p-coumarylquinic acid	عصاره سیب
HPLC/EC تست آنزیمی	عصاره مرکبات، توت و میوه‌های استوایی ^۱	سوربیتول	عصاره میوه‌های سیبی و میوه‌های سنگی
HPLC/UV Proton-NMR	اکثر آب‌میوه‌ها	آر بوتین ^۲	عصاره گلابی
HPLC-PDA LC-MS/MS	عصاره سیب	- Isorhamnetin-3-O-rutinoside - Abscisic acid	عصاره گلابی
HPLC/UV(DAD) MS	عصاره لیمو	۷- متوکسی- کومارین ^۳	عصاره لیموترش
HPLC/UV	عصاره مرکبات	اریوسیتترین ^۴	عصاره لیموشیرین
HPLC/UV	عصاره مرکبات	نارنجین	عصاره گریپ‌فروت
HPLC/UV	عصاره میوه پشن ^۵	هسپریدین	عصاره پرتقال
HPLC/UV	سایر عصاره‌ها	اسید تارتاریک	عصاره انگور

* آب‌میوه‌ای که تقلب روی آن انجام می‌شود.

HPLC/UV: High-performance liquid chromatography/ultraviolet; HPLC-PDA: High-performance liquid chromatography-photodiode array; MS: Mass spectrometry; LC-MS: Liquid chromatography-mass spectrometry; HPLC/EC: High-performance liquid chromatography/electrochemical; NMR: Nuclear magnetic resonance; HPLC/UV(DAD): High-performance liquid chromatography/ultraviolet (diode array detector).

عصاره انگور باید قبل از بسته‌بندی، با استفاده از تقطیر خلاء، سولفورزدایی شود. با بررسی میزان دی اکسید گوگرد باقیمانده در محصول، می‌توان صحت سولفورزدایی را کنترل کرد که بایستی میزان آن به کمتر از ۱۰ میلی‌گرم در لیتر کاهش یابد (European Fruit Juice Association). روش مذکور یکی از دشوارترین روش‌های سنتی است که به دلیل قابلیت تکرار زیاد، برای کنترل عصاره میوه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد و مبتنی بر روشی است که در ابتدا برای آنالیز شراب ابداع شده است که غلظت دی اکسید گوگرد بالاتر از ۱۰۰

افزودن سولفیت در استاندارد ملی ایران حد مجاز استفاده از متابی-سولفیت سدیم در آب‌لیمو، حداکثر ۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم تعیین شده است (INSO-117, 2018). در اتحادیه اروپا استفاده از دی اکسید گوگرد به عنوان ماده نگهدارنده فقط در عصاره انگور برای کاربردهای مذهبی و عصاره‌های لیموترش و لیموشیرین مجاز است (European Commission). با این حال اغلب حجم بالایی از عصاره انگور، با دی‌اکسید گوگرد (به منظور پایدارسازی و افزایش ماندگاری) نگهداری می‌شود که در اینصورت

4 Eriocitrin
5 Passion fruit

1 Tropicals
2 Arbutin
3 7-Methoxy- coumarin

سایر شاخص‌های کیفی آب‌میوه‌ها

سایر شاخص‌های کیفی آب‌میوه‌ها در شکل ۳ ارائه شده است.



شکل ۳- شاخص‌های کیفی آب‌میوه‌ها

Figure 3- Qualitative indicators of fruit juices

محتوای میوه

به استثنای افزودنی‌های مجاز، آب‌میوه صرفاً باید همان عصاره خالصی باشد که به صورت فیزیکی از میوه استخراج شده است (Ashurst *et al.*, 2017). تقلب افزودن آب یا شربت قند باعث کاهش محتوای میوه می‌شود. بررسی‌های محتوای میوه بر اساس تعدادی از پارامترهای آنالیزی منتخب از قبیل محتوای پتاسیم، منیزیم، کلسیم، فسفر، پرولین، سوربیتول، D-اسید ایزوسیتریک و L-اسید مالیک استوار است. هر پارامتر به طور جداگانه با مقدار میانگین ارائه‌شده در پایگاه‌های داده مرجع مقایسه می‌شود. چنین مقایسه‌ای امکان محاسبه خطی از محتوای تئوری میوه را بر اساس پارامترهای انتخاب شده فراهم می‌کند. بایستی حداقل از ۵ پارامتر

میلی‌گرم در لیتر در آن طبیعی است (European Fruit Juice Association). همچنین از آنجایی که سولفات محصول اکسیداسیون دی‌اکسید گوگرد است، در اکثر موارد افزایش مقدار سولفات عصاره حاکی از نگهداری طولانی مدت آن با دی‌اکسید گوگرد می‌باشد (Considine & Foyer, 2015). روش دیگر مبتنی بر تقطیر بخار و به دام‌افتادن اسید سولفورو است که می‌تواند با تیتراسیون اندازه‌گیری شود. رعایت دقیق مراحل آنالیز بسیار ضروری است و اپراتورها باید به اندازه کافی آموزش ببینند تا نتایج قابل تکراری حاصل شود (International Fruit and Vegetable Juice Association). روش‌های تکرارپذیرتر و سریع‌تر مانند روش‌های جفت-شده با بیوسنسور HPLC^۱، با وجود دقت بهتر و حد تشخیص پایین‌تر، تا به امروز به عنوان روش‌های استاندارد شناخته نشده‌اند. نتایج بین روش‌های مختلف همیشه قابل مقایسه نیستند. مسئله مذکور احتمالاً به این دلیل است که دی‌اکسید گوگرد تا حدی به ماتریس متصل بوده و میزان آزادسازی آن کاملاً وابسته به روش آنالیز است (Theisen, 2009).

افزودن عوامل کدرکننده

برخی از آب‌میوه‌ها از جمله عصاره آناناس غالباً حالت ابری ناپایداری را نشان می‌دهد و یک رسوب جامد تولید می‌کند که برای مصرف‌کنندگان چندان جذاب نیست (Wu *et al.*, 2021). براساس استانداردهای اتحادیه اروپا و کدکس، استفاده از پکتین برای پایدارسازی حالت ابری (کدورت) مجاز است. اما این افزودنی باید روی برچسب درج شود و محتوای آن از حداکثر استانداردهای ثابت فراتر نرود (European Commission; Codex). یکی از روش‌های اندازه‌گیری این پارامتر تعیین پکتین‌های محلول در آب است. همچنین افزودن پکتین به عصاره آناناس یا کنسانتره آن می‌تواند توسط آنالیز ایزوتوپ ^{۱۳}C تشخیص داده شود (Hammond, 2006).

در آب‌میوه‌های خالص نقش مهمی دارد و ارزیابی میزان آن در کنسانتره‌ها حائز اهمیت نیست. همچنین گلیسرول و اسیدگلوکونیک، از متابولیت‌های معمول در آب انگور هستند که پس از فعالیت میکروبی افزایش پیدا می‌کنند (Malacrino *et al.*, 2005; Biyela *et al.*, 2009; European Fruit Juice Association).

افزایش سطح اسیدهای فرار در مورد انواع آب‌میوه-ها حاکی از تخمیر استو^۳ می‌باشد. اسیدهای فرار با تقطیر بخار بازیابی شده و با تیتراسیون اندازه‌گیری می‌شوند (International Fruit and Vegetable Juice Association). به طور کلی اسیداستیک به عنوان اسید فرار عمده گزارش شده است و با تخمیر قندها توسط استوباکتریوم ایجاد می‌شود (Ramos & Marin, 2014). علاوه بر این، وجود سوربیتول در میوه‌هایی که به طور طبیعی فاقد آن هستند، به عنوان شاخص میکروبی در نظر گرفته می‌شود (Duvnjak *et al.*, 1991).

شاخص‌های کیفی مربوط به فرآیند

شاخص‌های آسیب حرارتی

۵-هیدروکسی متیل فورفورال (5-HMF)^۴ محصول ویژه واکنش مایلارد است و افزایش غلظت آن نشان می‌دهد که محصول در حین فرآیند در معرض دماهای بسیار بالا قرار گرفته است یا دمای نگهداری آن نامناسب بوده است. علاوه بر این، در شرایط مذکور پروفایل قند یک محصول می‌تواند با اینورسیون (هیدرولیز) ساکارز (کاتالیز شده با اسید) تغییر کند. در چنین مواردی کاهش غلظت ساکارز و افزایش محتوای گلوکز و فروکتوز مشاهده می‌شود. بنابراین تغییر پروفایل قند می‌تواند به عنوان یک مسئله مربوط به کیفیت در نظر گرفته شود (Li *et al.*, 2019; Marsol-Vall *et al.*, 2016). بعضی از انواع میوه‌ها مانند سیب، انبه یا آناناس نسبت به شکل‌گیری HMF بسیار حساس هستند، در حالی که سایر میوه‌ها مانند مرکبات کمتر تحت تأثیر قرار می‌گیرند (Aktag &

برای ارزیابی محتوای میوه استفاده شود. آب میوه‌های مناطق مختلف جغرافیایی احتمالاً به ارزیابی‌های جداگانه‌ای نیاز داشته باشند (European Fruit Juice Association). همچنین گزارش شده است که با جداسازی و تعیین همی سلولزهای دیواره سلولی می‌توان محتوای میوه فرآورده‌های میوه‌ای را محاسبه نمود (Fugel *et al.*, 2004). در همین زمینه، از تکنیک طیف-سنجی تبدیل فوریه فرسرخ^۱ جهت شناسایی ترکیبات دیواره سلولی از جمله همی سلولزها، برای تعیین محتوای میوه فرآورده‌های میوه‌ای استفاده شده است (Kurz *et al.*, 2010).

شاخص‌های آسیب میکروبیولوژیکی

آب‌میوه نباید تخمیر شده باشد (Codex; European Commission). اسید لاکتیک و اتانول، محصولات ویژه فرآیند تخمیر هستند که در آیین‌نامه آب‌میوه اتحادیه اروپا به عنوان نشانگرهای ویژه تعریف شده‌اند (European Fruit Juice Association; Zhao *et al.*, 2014). در آیین‌نامه آب‌میوه اتحادیه اروپا برای هر آب‌میوه مقدار حد مجازی اسید لاکتیک و اتانول مشخص شده است. به عنوان مثال برای اکثر آب‌میوه‌ها حداکثر ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدلاکتیک مجاز است، در حالی که میزان اسیدلاکتیک مجاز در آب مرکبات حداکثر ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر و در موارد استثنایی برای محصولات آقطی یا انگور کولی^۲ (میوه‌ای که در شراب‌سازی و مرباسازی استفاده می‌شود) میزان اسیدلاکتیک حداکثر تا ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر مجاز است. مقدار مجاز اتانول برای همه آب‌میوه‌ها حداکثر ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر است (European Fruit Juice Association).

در مورد آب سبزیجات، تخمیرلاکتیکی می‌تواند یک فرآیند داوطلبانه برای کاهش pH (با هدف افزایش ماندگاری) باشد. با این حال، چنین تخمیری باید بر روی برچسب محصول درج شود. اتانول به علت فراربودن، تنها

3 Aceto Fermentation
4 5-Hydroxy-methyl-furfural

1 Fourier transform near infrared (FT-NIR) spectroscopy
2 Elderberry

افزایش بازدهی استخراج عصاره استفاده می‌شود (Pagan, 2014). در اروپا مایع‌سازی آنزیمی میوه مجاز نیست و سلولوزها تنها زمانی مجاز هستند که به عنوان جزئی از آمیزه‌های آنزیمی صنعتی^۳ مجاز مورد استفاده قرار بگیرند. سلوبیوز محصول تجزیه سلولز است و افزایش غلظت این ترکیب شاخصی برای استفاده از فرآوری آنزیمی غیرمجاز است (Low & Hammond, 1996; Willems & Low, 2014).

استفاده از پکتینازها که اسید گالاکتورونیک و الیگومرهای آن را تشکیل می‌دهند، مجاز است. استفاده بیش از حد از پکتینازها با اندازه‌گیری میزان اسید گالاکتورونیک قابل تشخیص است (Will et al., 2002). براساس مطالعات انجام گرفته، اسیدگالاکتورونیک حاصل از تجزیه آنزیمی پکتین منجر به افزایش اسیدیته نمونه‌های آب‌هویج شد (Demir et al., 2004; Demir et al., 2007). در پژوهشی مشابه، محققان اظهار کردند اسیدگالاکتورونیک آزاد شده در طی تیمار آنزیمی، سهم عمده‌ای در اسیدیته قابل تیتراژ آب سیب داشت (Will et al., 2000). غلظت بالای اسید گالاکتورونیک ممکن است قانونی باشد اما می‌تواند موجب کاهش کیفیت آب‌میوه شود. به عنوان مثال گزارش شده است وجود اسید گالاکتورونیک منجر به قهوه‌ای شدن آب میوه‌های سیب، گلابی و هلو گردید. محققان اظهار کردند، از آنجایی که اسید گالاکتورونیک در ساختار خود دارای گروه‌های کربونیلی آزاد است، بنابراین توانایی شرکت در واکنش مایلارد و در نهایت پتانسیل تغییر رنگ و طعم آب‌میوه را دارد (Ibarz et al., 2008).

شاخص‌های آلودگی با آب مورد استفاده در فرآیند

احتمال آلودگی آب‌میوه از طریق ترکیبات موجود در آب مورد استفاده در مراحل مختلف تولید، وجود دارد. لذا بایستی آب مورد استفاده برای تمامی مراحل تولید

(Gokmen, 2021; Lee et al., 2014). گزارش شده است که pH و محتوای رطوبت پایین موجب تقویت تشکیل HMF در فرآورده‌های میوه‌ای می‌شود (Aktag et al., 2020).

در یک پژوهش از تکنیک کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا برای تعیین میزان 5-HMF آب‌میوه‌های مختلف عرضه شده در سوپرمارکت‌های مالزی اعم از آب میوه‌های سیب، انبه، آناناس، گواوا، لیچی، تمر هندی، ساورسوپ و آب‌میوه‌های ترکیبی استفاده شد. در تمامی نمونه‌ها (۵۶ نمونه) 5-HMF مشاهده شد و در ۱۹٪ نمونه‌ها میزان این ترکیب بالاتر از حد مجاز تعریف شده در IFFJP بود (Lee et al., 2014). در مطالعه دیگری، از تکنیک رزونانس مغناطیسی هسته‌ای^۲ (NMR) برای ارزیابی میزان 5-HMF نمونه‌های آب‌میوه پشن پاستوریزه شده در شرایط مختلف حرارتی (۸۵ و ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد در زمان‌های ۴، ۱۵، ۳۰ و ۶۰ ثانیه) استفاده شد. نتایج نشان داد پاستوریزاسیون در دمای ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶۰ ثانیه، منجر به تجزیه ساکارز و تشکیل 5-HMF در نمونه‌های آب‌میوه شد (Soares et al., 2017). همچنین نتایج پژوهش انجام گرفته بر روی آب‌پرتقال پاستوریزه شده در دماهای مختلف (۷۰، ۷۵، ۸۰، ۸۵ و ۹۰ درجه سانتی‌گراد) نشان داد تشکیل 5-HMF بیشتر از دمای اعمال شده، به زمان فرآیند حرارتی بستگی دارد. طبق نتایج، نمونه‌های آب-پرتقال پاستوریزه شده در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد نسبت به سایر نمونه‌ها، میزان 5-HMF پایین‌تری داشتند. ضمن اینکه در نمونه‌های مذکور میزان تشکیل 5-HMF در طول مدت نگهداری، بطور قابل توجهی پایین‌تر از سایر نمونه‌ها بود (Akyildiz et al., 2021).

شاخص‌های تیمار آنزیمی

در فرآیندهای تولید صنعتی آب‌میوه، از آنزیم‌ها برای تجزیه دیواره‌های سلولی، کنترل ویسکوزیته محصول و

^۳ Industrial enzyme preparations: عبارتست از مجموعه‌ای از آنزیم‌ها که عمدتاً حاوی پکتینازها، سلولازها و همی‌سلولازها می‌باشند که در استخراج و شفاف‌سازی آب‌میوه و سبزیجات جهت افزایش بازدهی و از بین بردن گرفتگی فیلترها استفاده می‌شوند.

1 International Federation of Fruit Juice Processors
2 Nuclear Magnetic Resonance

2022). همچنین افزایش غلظت سدیم در آب می‌تواند حاکی از آلودگی احتمالی بیشتری باشد. به عنوان مثال محققان اظهار کردند افزایش غلظت سدیم در آب‌های زیرزمینی و آب‌های سطحی ممکن است ناشی از ورود فاضلاب به آن‌ها باشد (Orzepowski & Pulikowski, 2008). بطور کلی افزایش غلظت یون‌های سدیم و نیترات، شاخص‌های ویژه آلودگی احتمالی آب‌میوه‌ها با آب مورد استفاده در فرآیند به حساب می‌آیند. چرا که به غیر از برخی میوه‌ها و استثناات منطقه‌ای خاص، این ترکیبات معمولاً در آب‌میوه خالص در غلظت‌های بسیار پایین وجود دارند. غلظت بالای این یون‌ها ترکیب طبیعی آب-میوه را تغییر می‌دهد و می‌تواند به عنوان مسئله‌ای مربوط به خلوص در نظر گرفته شود (Ramos & Marin, 2014). خلاصه‌ای از برخی پژوهش‌های انجام‌گرفته در زمینه تشخیص تقلبات فرآورده‌های میوه‌ای در جدول ۲ ارائه شده است.

از جمله شستشوی میوه، تمیزکردن تجهیزات و فرآوری میوه از کیفیت آب آشامیدنی برخوردار باشد (Bates et al., 2001). هرچند آب آشامیدنی نیز ممکن است حاوی ترکیباتی باشد که بسته به غلظت آن‌ها، موجب کاهش کیفیت آب‌میوه شود و حتی برای مصرف‌کنندگان خطرات سلامتی به همراه داشته باشد. براساس مطالعات انجام‌گرفته نیترات، نیتريت و فلوراید از آلاینده‌های غیرآلی رایج در آب آشامیدنی هستند (Jalili et al., 2018; Kaur et al., 2020). از طرفی دیگر، گزارش شده است در آب آشامیدنی بین غلظت نیترات و نیتريت با غلظت کلی‌فرم‌ها همبستگی منفی معنی‌داری وجود دارد. به عبارت دیگر، بالا بودن غلظت نیترات و نیتريت در آب، شاخصی برای پایین‌بودن جمعیت کلی‌فرم‌ها و در نتیجه بالابودن کیفیت بهداشتی آن است (Seo et al., 2019). این در حالی است که محققان دیگر ثابت نمودند بین غلظت نیترات و نیتريت با جمعیت کلی‌فرم‌ها در آب آشامیدنی، ارتباط معنی‌داری وجود ندارد (Golaki et al.,

جدول ۲- خلاصه‌ای از برخی پژوهش‌های انجام‌گرفته در زمینه تشخیص تقلبات آب‌میوه‌ها

Table 2- A summary of some studies conducted on the detection of fraud cases in fruit juices

پژوهشگران - سال پژوهش	نتایج پژوهش	روش تشخیص تقلبات	هدف پژوهش
Kelly et al., 2021	قابلیت تشخیص ساکارز (حاصل از چغندر قند یا نیشکر) افزوده‌شده به عصاره آناناس با بررسی نسبت ایزوتوپی $^2\text{H}/^1\text{H}$.	بررسی نسبت ایزوتوپی $^2\text{H}/^1\text{H}$ نمونه‌ها با تکنیک GC-IRMS	تشخیص قند افزوده‌شده به عصاره آناناس
Cristea et al., 2021	قابلیت تشخیص آب افزوده‌شده به آب‌میوه با بررسی نسبت ایزوتوپی $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$. از ۲۵ نمونه آب‌میوه تجاری، ۲۴ نمونه از افزودن آب به کنسانتره میوه حاصل شده بودند.	بررسی نسبت ایزوتوپی $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ نمونه‌ها با تکنیک IRMS	تشخیص آب‌میوه‌های طبیعی از آب‌میوه‌های بازسازی‌شده از کنسانتره میوه
Hrubá et al., 2021	قابلیت تشخیص وجود سیب در فرآورده‌های میوه‌ای از طریق تعیین فلوریزین.	HPLC	تشخیص وجود سیب در فرآورده‌های میوه‌ای
Akyildiz et al., 2021	فرآیند حرارتی منجر به تشکیل 5-HMF شد. تشکیل 5-HMF بیشتر از دمای اعمال‌شده، به زمان فرآیند حرارتی بستگی داشت.	HPLC	بررسی ترکیب 5-HMF در آب‌پرتقال پاستوریزه‌شده

IRMS: Isotope ratio mass spectrometry; GC-IRMS: Gas chromatography-isotope ratio mass spectrometry; HPLC: High-performance liquid chromatography; 5-HMF: 5-Hydroxy-methyl-furfural.

مطالعات موردی: عصاره مرکبات، سیب و انار

عصاره مرکبات

عصاره مرکبات بایستی فقط از قسمت اندوکارپ میوه‌ها استخراج شود. استخراج هم‌زمان از پوست میوه منجر به تولید فرآورده‌ای غیر از "آب‌میوه" می‌شود که به طور قانونی به عنوان یک واحد کالای تعریف شده است (Codex; European Commission). علاوه بر این، براساس قانون اروپا و کدکس، استخراج عصاره برای تولید کنسانتره فقط از خمیر پالپ مجاز است (Codex; European Commission). اگر این قوانین رعایت نشود، میزان پکتین‌های محلول در آب، کلسیم و فلورین در محصولات افزایش می‌یابد و نسبت بین دو فلاونوئید هسپریدین و ناریروتین نیز غیرعادی خواهد بود (European Fruit Juice Association; Louche *et al.*, 1998; Scordino *et al.*, 2004).

به منظور تعیین پکتین‌های محلول در آب پس از واکنش کاربازول با مونومر اسید گالاکتورونیک، از روش اسپکترومتری UV استفاده می‌شود (International Fruit and Vegetable Juice Association). فلورین را می‌توان با UV/HPLC و یا از طریق غربال‌گری پروتون-NMR (رزونانس مغناطیسی هسته‌ای) تعیین کرد و سطح کلسیم را نیز می‌توان با استفاده از طیف‌سنجی جذب اتمی یا طیف‌سنجی جرمی پلاسمای جفت‌شده القایی^۱ اندازه‌گیری نمود (Martelo-Vidal & Vazquez, 2016; Fanali *et al.*, 2016; Sobolev *et al.*, 2016; Cajka *et al.*, 2016).

عصاره پرتقال

آب‌پرتقال تقریباً نصف بازار آب‌میوه را به خود اختصاص می‌دهد. بنابراین می‌توان دریافت که چرا این عصاره بیشتر مورد مطالعه و همچنین مورد تقلب قرار می‌گیرد. در مورد آب‌پرتقال علاوه بر تقلب‌های رایج مانند اضافه کردن آب و قند، موارد دیگری مانند مخلوط کردن با آب‌میوه‌های ارزان‌تر از قبیل آب نارنگی و گریپ‌فروت (که با وجود نارینجین به راحتی تشخیص داده می‌شود

(Abad-Garcia *et al.*, 2014)) نیز صورت می‌گیرد. امروزه تشخیص تقلب افزودن آب نارنگی به آب پرتقال از طریق آنالیزهای مبتنی بر پروفایل‌های DNA امکان‌پذیر است (Nader *et al.*, 2016; Kanwal & Tahir, 2018).

همچنین از فرآورده‌های با کیفیت پایین‌تر که می‌تواند به عنوان تقلب به کنسانتره پرتقال افزوده شود، آب حاصل از شستشوی پالپ است (Petrus & Attaway, 1986). این نوع تقلب از طریق طیف‌های جذب ماوراء بنفش به راحتی قابل تشخیص است؛ اما اگر آب حاصل از شستشوی پالپ همان میوه به کنسانتره افزوده شود، تشخیص آن بسیار دشوار خواهد بود مگر اینکه از آنالیزهای پیچیده‌تر استفاده شود (Martelo-Vidal & Vazquez, 2016).

همچنین ممکن است آب‌میوه‌ای با عنوان آب‌میوه NFC^۲ ادعا شود، در حالی که از کنسانتره به همراه افزودن آب تولید شده باشد. این مسئله را می‌توان به راحتی توسط طیف‌سنجی NMR و تعیین نسبت اکسیژن ۱۸- به اکسیژن ۱۶- تشخیص داد (Laursen *et al.*, 2016; Camin *et al.*, 2017).

آنالیزهای دیگری برای یافتن منشاء میوه‌های خاص قابل انجام است. به عنوان مثال اگر مکان مشخصی از مبدأ بر روی برچسب اعلام شده باشد، می‌توان با استفاده از نسبت ایزوتوپ‌های روبیدیوم موجود در آب‌میوه و یا از طریق آمار تشخیص داد که این امر صحیح است یا اینکه از عصاره میوه دیگری از محل مبدأ متفاوتی استفاده شده است (که احتمالاً ارزان‌تر بوده و یا در بدترین حالت از منطقه آلوده‌ای وارد شده است) (Korenaga *et al.*, 2019).

عصاره لیمو

تقلب اصلی در این آب‌میوه افزودن اسیدسیتریک است. ساده‌ترین روش برای تشخیص آن آنالیز مقدار اسید ایزوسیتریک است. اسید ایزوسیتریک ایزومر اسید سیتریک است و در میوه‌ها با رابطه شناخته‌شده‌ای مشخص می‌شود (Guyon *et al.*, 2014; Bononi *et al.*, 2016).

براساس منطق فازی و استفاده از جدول جستجوی فازی، میزان تقلب آب در آب‌لیموی طبیعی را تعیین کردند (Yousefi & Khodabakhsh Aghdam, 2016). در پژوهش دیگر از روش آماری طرح مرکب بهینه و آنالیز رگرسیون خطی چندمتغیره، برای تشخیص و تعیین درصد تقلبات صورت‌گرفته در آب‌لیموی صنعتی استفاده شد (Pirsa et al., 2018).

عصاره سیب

در کشورهایی که گلابی نسبت به سیب ارزان‌تر است، عمده تقلب در مورد آب سیب مخلوط‌کردن آن با آب گلابی است. از مواد نشانگر مانند آربوتین می‌توان برای تشخیص این نوع تقلب استفاده کرد (Willems & Low, 2018). تقلب مهم دیگر، افزودن قند است که با تعیین ساکارز و نسبت آن در مقایسه با قندهای دیگر مانند گلوکز یا فروکتوز، از طریق تکنیک انگشت‌نگاری الیگوساکارید^۱ قابل تشخیص است. به عنوان مثال در یک پژوهش برای تشخیص اصالت ۱۵۰ نمونه آب سیب معتبر گردآوری‌شده از کشورهای مختلف اعم از نیوزیلند، برزیل، آرژانتین، ایالات متحده آمریکا، شیلی و کانادا، از تکنیک^۲ HPLC-PDA استفاده شد. در این پژوهش آربوتین، سوربیتول، پرولین و همچنین نسبت کربوهیدرات‌های عمده (فروکتوز، گلوکز و ساکارز) به عنوان شاخص‌های تقلب افزودن آب گلابی به آب سیب در نظر گرفته شدند. پژوهشگران اذعان کردند که تکنیک مذکور توانایی تشخیص تقلب افزودن آب گلابی به آب سیب را حتی در سطوح پایین دارد و براساس نتایج، هیچ‌کدام از ۱۰۵ نمونه آب سیب مورد بررسی حاوی آب گلابی نبود (Thavarajah & Low, 2006).

در پژوهش مشابهی، برای تشخیص تقلب افزودن آب گلابی به آب سیب، ترکیب 4-*O-p-coumarylquinic acid* به عنوان نشانگر ویژه آب سیب و دو ترکیب isorhamnetin-3-*O*-rutinoside و abscisic acid به عنوان نشانگرهای ویژه آب گلابی، توسط تکنیک HPLC-

و در آزمایشگاهی که دارای اسپکتروفتومتر باشد این تقلب به راحتی، سریع و با هزینه کم قابل تشخیص است (Martelo-Vidal & Vazquez, 2016). عصاره لیمو معمولاً با دی‌اکسید گوگرد نگهداری می‌شود که می‌تواند موجب تشکیل سولفیت‌ها در عصاره شود. این مورد باید روی برچسب اعلام شود، زیرا سولفیت‌ها در سطوح بالاتر از ۱۰ میلی‌گرم در لیتر می‌توانند حساسیت‌زا باشند (European Fruit Juice Association).

در یک مطالعه آب‌لیموهای صنعتی استان گلستان از طریق آنالیز اسیدهای آلی شامل اسید سیتریک، اسید ایزوسیتریک، اسید مالیک و همچنین تعیین نسبت بین اسید سیتریک و اسید ایزوسیتریک با استفاده از کروماتوگرافی مایع جفت‌شده با آشکارساز جرمی مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش شناسایی نمونه‌های تقلبی از طریق مقایسه اسیدهای آلی با مقادیر مجاز تعیین‌شده توسط استاندارد اروپا انجام شد. بر اساس نتایج حاصل‌شده، اکثر نمونه‌های آب‌لیموی صنعتی دارای اسیدهای آلی خارج از محدوده مجاز تعیین‌شده در استاندارد اروپا بودند که حاکی از اصیل نبودن محصول عرضه شده بود (Maham et al., 2019).

در پژوهش دیگری کلیه پارامترهای شیمیایی لازم جهت اصالت‌سنجی آب لیموترش، تعریف‌شده توسط انجمن آب‌میوه و نکتار اتحادیه اروپا، بر روی نمونه‌های آب‌لیموی طبیعی و تجاری ایرانی مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد به جز یک نمونه، تمامی نمونه‌های تجاری در بیش از یک فاکتور، با این استاندارد مطابقت نداشتند (به عبارتی، اکثر نمونه‌های تجاری دارای تقلب بودند) و از طرفی، تمامی نمونه‌های طبیعی در تمامی این فاکتورها به جز سدیم، با استاندارد اتحادیه اروپا مطابقت داشتند. پیشنهاد محقق بر استفاده از استاندارد مذکور جهت بررسی اصالت آب‌لیموهای تولیدی در سطح کشور بود (Alaei Roozbahani, 2019). همچنین محققان ایرانی با بکارگیری مدل‌سازی

(Nuncio-Jauregui *et al.*, 2014). چنین تقلباتی می‌توانند به راحتی از طریق بررسی پروفایل پلی‌فنول یا اثر انگشت حاصل از کروماتوگرافی که برای هر میوه منحصر به فرد است، شناسایی شوند (Borges & Crozier, 2012).

محققان ایرانی در یک پژوهش خواص فیزیکیوشیمیایی و پروفایل کروماتوگرافی گازی آب انار تقلبی را توسط فیبر نانوکامپوزیت بررسی کردند. در این پژوهش آب انار تقلبی بصورت دستی و با افزودن عصاره‌های آلبالو و انگور قرمز تهیه شد. سپس از نانوفیبر PPy-Ag به عنوان یک فاز جامد ریز استخراج جفت‌شده با کروماتوگرافی گازی^۱ برای استخراج و شناسایی پروفایل ترکیبات فرار استفاده شد. بر طبق نتایج، درصد آب انار، آب آلبالو و آب انگور بر خصوصیات فیزیکیوشیمیایی آب میوه تأثیر گذاشت و بین خواص فیزیکیوشیمیایی آب میوه و پروفایل کروماتوگرافی گازی ترکیبات فرار آب میوه‌های تقلبی ارتباط معنی‌داری وجود داشت که این موضوع از نظر تشخیص تقلبات حائز اهمیت است (Ghasemi *et al.*, 2019). خلاصه‌ای از پژوهش‌های انجام‌گرفته در خصوص تشخیص تقلبات فرآورده‌های میوه‌ای توسط محققان ایرانی در جدول ۳ ارائه شده است.

PDA جداسازی و توسط تکنیک LC-MS/MS از لحاظ ساختاری شناسایی شدند. محققان اظهار کردند، با توجه به شباهت پروفایل کربوهیدرات‌های اصلی آب سیب و آب گلابی، تشخیص تقلب افزودن آب گلابی به آب سیب از طریق بررسی پروفایل کربوهیدرات‌ها دشوار است. لذا استفاده از تکنیک HPLC-PDA با در نظر گرفتن ترکیبات abscisic acid و isorhamnetin-3-O-rutinoside به عنوان نشانگرهای ویژه می‌تواند روش کارآمدتری برای تشخیص این نوع تقلب باشد (Willems & Low, 2018).

عصاره انار

انار به دلیل دارا بودن مقادیر زیادی از ترکیبات پلی‌فنولی، بسیار حائز اهمیت است و می‌تواند روی برچسب به عنوان یک محصول فراسودمند ادعا شود (Hegazi *et al.*, 2021). تقلباتی نظیر افزودن آب انگور یا تمشک (برای تأمین رنگ تیره و قوی)، افزودن قند یا آب‌میوه‌های شیرین مانند آب هلو (برای پوشاندن طعم گس تان‌ها)، افزودن آب لیمو در حجم کم (برای پوشاندن طعم شیرین قوی برخی از ارقام انار) و افزودن آب‌میوه‌های ارزان و در دسترس نظیر آب انگور، آب گلابی و یا آب هلو، از رایج‌ترین تقلبات در مورد آب انار هستند

جدول ۳- خلاصه‌ای از پژوهش‌های انجام‌گرفته در زمینه تشخیص تقلبات فرآورده‌های میوه توسط محققان ایرانی

Table 3- A summary of studies conducted on the detection of fraud cases in the fruit products by Iranian researchers

پژوهشگران - سال پژوهش	روش تشخیص تقلبات	هدف پژوهش
Yeganeh-Zare <i>et al.</i> , 2022	بررسی پروفایل کربوهیدرات نمونه‌ها با تکنیک HPLC و دتکتور شاخص آنکساری	تشخیص قند (شربت گلوکز، شربت فروکتوز و کنسانتره خرما) افزوده‌شده به کنسانتره سیب
Taheri-Garavand & Yousefian, 2020	استفاده از بینایی کامپیوتر	تشخیص غیرمخرب تقلبات شیره انگور
Ghasemi <i>et al.</i> , 2019	استفاده از فیبر نانو کامپوزیت PPy-Ag به عنوان یک فاز جامد ریز استخراج جفت‌شده با کروماتوگرافی گازی	تشخیص آب انار تقلبی
Maham <i>et al.</i> , 2019	استفاده از کروماتوگرافی مایع جفت‌شده با آشکارساز جرمی	تشخیص تقلب در آب‌لیموهای صنعتی استان گلستان
Dalvand <i>et al.</i> , 2017	استفاده از سامانه زبان الکترونیک مبتنی بر الکتروود گلسی کربن	کمیت‌سنجی اسیداسکوربیک
Pirsa <i>et al.</i> , 2018	استفاده از روش آنالیز آماری و تعیین برخی خواص فیزیکیوشیمیایی آب‌لیمو	تشخیص تقلبات آب‌لیموی صنعتی در آب‌لیموی طبیعی
Yousefi & Khodabakhsh Aghdam, 2016	استفاده از جدول جستجوی منطق فازی	تعیین میزان تقلب آب در آب‌لیموی طبیعی

HPLC: High-performance liquid chromatography.

نتیجه‌گیری کلی

امروزه اصالت و کیفیت آب‌میوه‌ها به یکی از بحث برانگیزترین مسائل صنعت غذا تبدیل شده است. به عبارتی دیگر، می‌توان گفت تعیین خلوص آب‌میوه‌ها یک چالش بزرگ برای صنعتی است که به سرعت در حال رشد و گسترش است. بنابراین دستیابی به روش‌های تشخیص نوین و کارآمدتر یکی از ضروریات در راستای حفظ سلامت مصرف‌کنندگان به حساب می‌آید. HPLC و GC از روش‌های متداول تعیین خلوص آب‌میوه‌ها هستند و از روش‌های نوین مورد استفاده برای تشخیص تقلبات و ارزیابی کیفیت آب‌میوه‌ها می‌توان طیف‌سنجی ماوراء بنفش/مرئی، طیف‌سنجی مادون قرمز، طیف-سنجی گسیل فلورسانس، واکنش زنجیره‌ای پلی‌مراز

معکوس، طیف‌سنجی رزونانس مغناطیسی هسته‌ای و تکنیک ایزوتوپ‌های پایدار را نام برد. افزودن آب، قندها (نظیر قند استحصالی از نیشکر و چغندر قند، شربت اینورت، شربت ذرت با فروکتوز بالا، شربت اینولین هیدرولیز شده و غیره)، مواد جامد بدست‌آمده از شستشوی پالپ و یا آب‌میوه ارزان‌تر، اسیدهای آلی، سولفیت و کدرکننده‌ها از مهمترین تقلبات آب‌میوه‌ها هستند. همچنین تعیین محتوای میوه آب‌میوه‌ها، شاخص‌های آسیب میکروبیولوژیکی، شاخص‌های آسیب حرارتی، شاخص‌های تیمار آنزیمی و شاخص‌های آلودگی با آب فرآیند نیز از نقطه‌نظر کیفیت آب‌میوه‌ها حائز اهمیت است؛ لذا پایش تمامی موارد مذکور ضروری به نظر می‌رسد.

هیچگونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد.

REFERENCES

- Abad-Garcia, B., Garmon-Lobato, S., Sanchez-Irarduya, M. B., Berrueta, L. A., Gallo, B., Vicente, F., Vicente, F., Alonso-Salces, R. M. (2014). Polyphenolic contents in Citrus fruit juices: authenticity assessment. *European Food Research and Technology*, 238(5), 803-818.
- Akamatsu, F., Hashiguchi, T., Hisatsune, Y., Oe, T., Kawao, T., Fujii, T. (2017). Method for the isolation of citric acid and malic acid in Japanese apricot liqueur for carbon stable isotope analysis. *Food Chemistry*, 217, 112-116.
- Aktag, I. G., Gokmen, V. (2020). A survey of the occurrence of α -dicarbonyl compounds and 5-hydroxymethylfurfural in dried fruits, fruit juices, puree and concentrates. *Journal of Food Composition and Analysis*. Manuscript 91, 103523. Retrieved August 2020, from <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103523>.
- Aktag, I. G., Gokmen, V. (2021). Investigations on the formation of α -dicarbonyl compounds and 5-hydroxymethylfurfural in fruit products during storage: New insights into the role of Maillard reaction. *Food Chemistry*. Manuscript 363, 130280. Retrieved November 30, 2021, from <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130280>.
- Akyildiz, A., Mertoglu, T. S., Agcam, E. (2021). Kinetic study for ascorbic acid degradation, hydroxymethylfurfural and furfural formations in Orange juice. *Journal of Food Composition and Analysis*. Manuscript 102, 103996. Retrieved September 2021, from <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.103996>.
- Alaei Roozbahani, Z. (2019). Evaluation of chemical parameters for authenticity of commercial lime juice. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 15(4), 497-506. (In Farsi)
- Asadpoor, M., Ansarin, M., Nemati, M. (2014). Amino Acid Profile as a Feasible Tool for Determination of the Authenticity of Fruit Juices. *Advanced Pharmaceutical Bulletin*, 4(4), 359-362.
- Ashurst, P. R., Hargitt, R., Palmer, F. (2017). Fruit Juices and Fruit Nectars. *Soft Drink and Fruit Juice Problems Solved* (2th ed.), pp.137-44.
- Bates, R. P., J. R. Morris, P. G. Crandall. (2001). *Principles and Practices of Small- and Medium-Scale Fruit Juice Processing*. FAO Agricultural Services Bulletin 146. Rome: FAO.
- Biyela, B. N. E., du Toit, W. J., Divol, B., Malherhe, D. F., van Rensburg, P. (2009). The production of reduced-alcohol wines using Gluzyme Mono®10,000 BG-treated grape juice. *South African Journal of Enology and Viticulture*. Manuscript 30, 2. Retrieved December 12, 2016, from <https://doi.org/10.21548/30-2-1432>.
- Boggia, R., Casolino, M. C., Hysenaj, V., Oliveri, P., Zunin, P. (2013). A screening method based on UV-Visible spectroscopy and multivariate analysis to assess addition of filler juices and water to pomegranate juices. *Food Chemistry*, 140(4), 735-741.
- Bononi, M., Quaglia, G., Tateo, F. (2016). Preliminary LC-IRMS characterization of Italian pure lemon juices and evaluation of commercial juices distributed in the Italian market. *Food Analytical Methods*, 9, 2824-2831.
- Borges, G., Crozier, A. (2012). HPLC-PDA-MS fingerprinting to assess the authenticity of pomegranate beverages. *Food Chemistry*, 135, 1863-1867.
- Cajka, T., Showalter, M. R., Riddellova, K., Fiehn, O. (2016). Advances in mass spectrometry for food authenticity

- testing: An omics perspective. *Advances in Food Authenticity Testing*, 7, 171-200.
- Camin, F., Boner, M., Bontempo, L., Fauhl-Hassek, C., Kelly, S., Riedl, J., Rossmann, A. (2017). Stable isotope techniques for verifying the declared geographical origin of food in legal cases. *Trends in Food Science and Technology*, 61, 176-187.
- Codex Alimentarius. (2016). Standards. Retrieved September 17, 2021, from <http://www.codexalimentarius.org>.
- Considine, M. J., Foyer, C. H. (2015). Metabolic responses to sulfur dioxide in grapevine (*Vitis vinifera* L.): photosynthetic tissues and berries. *Frontiers in Plant Science*, 6(60), 1-10.
- Cristea, G., Dehelean, A., Voica, C., Feher, I., Puscas, R., Magdas, D. A. (2021). Isotopic and Elemental Analysis of Apple and Orange Juice by Isotope Ratio Mass Spectrometry (IRMS) and Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry (ICP-MS). *Analytical Letters*, 54, 212-226.
- Dalvand, M. J., Mohtasebi, S. S., Rafiee, Sh. (2017). Development of an electronic tongue based on glassy carbon electrode for quantification of ascorbic acid. *Iranian Journal of Biosystem Engineering*, 48(1), 93-99. (In Farsi)
- Dasenaki, M. E., Thomaidis, N. S. (2019). Quality and authenticity control offruit Juices-A Review. *Molecules*, 24(6), 1-35.
- Demir, N., Acar, J., Bahceci, K. S. (2004). Effects of storage on quality of carrot juices produced with lactofermentation and acidification. *European Food Research and Technology*, 218(5), 465-468.
- Demir, N., Bahceci, K. S., Acar, J. (2007). The Effect of Processing Method on The Characteristics of Carrot Juice. *Journal of Food Quality*, 30, 813-822.
- Duvnjak, Z., Turcotte, G., Duan, Z. D., (1991). Production of sorbitol and ethanol from Jerusalem artichokes by *Saccharomyces cerevisiae* ATCC 36859. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 35, 711-715.
- Ellis, D. I., Ellis, J., Muhamadali, H., Xu, Y., Horn, A.B., Goodacre, R. (2016). Rapid, high-throughput, and quantitative determination of orange juice adulteration by Fourier-transform infrared spectroscopy. *Analytical Methods*, 1-16.
- European Commission. (2016). Retrieved August 11, 2021, from https://ec.europa.eu/info/index_en.
- European Fruit Juice Association (AIJN). (2016). Code of Practice. Retrieved May 07, 2021, from <http://www.aijn.org>.
- Fanali, C., Dugo, L., Mondello, L. (2016). Advances in chromatographic techniques for food authenticity testing. *Advances in Food Authenticity Testing*, 10, 253-284.
- Fugel, R., Carle, R., Schieber, A. (2004). A novel approach to quality and authenticity control of fruit products using fractionation and characterization of cell wall polysaccharides. *Food Chemistry*, 87, 141-150.
- Ghasemi, F., Alizadeh, M., Pirsas, S., Mohtarami, F. (2019). Study of the physicochemical properties/gas chromatography profile of adulterated pomegranate juice by nano-composite fiber. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 21(6), 1447-1458.
- Golaki, M., Azhdarpoor, A., Mohamadpour, A., Derakhshan, Z., Conti, G. O. (2022). Health risk assessment and spatial distribution of nitrate, nitrite, fluoride, and coliform contaminants in drinking water resources of kazerun, Iran. *Environmental Research*. Manuscript 203, 111850, Retrieved January 2022, from <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111850>.
- Guyon, F., Auberger, P., Gaillard, L., Loublanches, C., Viateau, M., Sabathié, N., Salagoity, M. H., Médina, B. (2014). ¹³C/¹²C isotope ratios of organic acids, glucose and fructose determined by HPLC-co-IRMS for lemon juices authenticity. *Food Chemistry*, 146, 36-40.
- Hajimahmoodi, M., Shaneshin, M., Zamani Mojhdah, F. & Dawlatshahi, F. (2013). Investigation of lemon juice fraud by measuring citric acid and D-isocitric acid. In: Proceedings of 21st National Iranian Food Science and Technology Congress, 29-31 Oct., Shiraz, Iran.
- Hammond, D.A., March. (2006). Detection of extracts from pineapple peels and cores in juice. In: Conference Proceedings of EU Funded Project “Pure Juice”, Darmstadt, Germany.
- Hegazi, N. M., El-Shamy, Sh., Fahmy, H., Farag, M. A. (2021). Pomegranate juice as a super-food: A comprehensive review of its extraction, analysis, and quality assessment approaches. *Journal of Food Composition and Analysis*. Manuscript 97, 103773, Retrieved April 2021, from <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103773>.
- Hrubá, M., Baxant, J., Čížková, H., Smutná, V., Kovařík, F., Ševčík, R., Hanušová, K., Rajchl, A. (2021). Phloridzin as a marker for evaluation of fruit product’s authenticity. *Czech Journal of Food Sciences*, 39(1), 49-57.
- Ibarz, A., Garza, S., Pagan, J. (2008). Nonenzymatic browning of selected fruit juices affected by D-galacturonic acid. *International Journal of Food Science and Technology*, 43, 908-914.
- International Fruit and Vegetable Juice Association. (2016). Methods of analysis. Retrieved September 17, 2021, from <http://www.ifu-fruitjuice.com>.
- Iranian National Standardization Organization. (2018). Lime/ Lemon juice- Specifications and test methods, 117, 6th. Revision. Retrieved September 20, 2021, from <https://www.isiri.gov.ir>.
- Iranian National Standardization Organization. (2019). Lime juice- Determination of organic acids- Test methods, 15851, 1st. Edition. Retrieved September 20, 2021, from <https://www.isiri.gov.ir>.
- Jalili, D., RadFard, M., Soleimani, H., Akbari, H., Kavosi, A., Abasnia, A., Adibzadeh, A. (2018). Data on Nitrate-Nitrite pollution in the groundwater resources a Sonqor plain in Iran. *Data in Brief*, 20, 394-401.
- Jandric, Z., Cannavan, A. (2018). Authentication of fruit juices by metabolomics using UPLC-QTOF MS. *Fruit Juices: Extraction, Composition, Quality and Analysis*, 779-804.
- Jha, S.N., Gunasekaran, S. (2010). Authentication of sweetness of mango juice using Fourier transform infrared-attenuated total reflection spectroscopy. *Journal of Food Engineering*, 101(3), 337-342.

- Jurado-Sanchez, B., Ballesteros, E., Gallego, M. (2011). Gas chromatographic determination of 29 organic acids in foodstuffs after continuous solid-phase extraction. *Talanta*, 84, 924-930.
- Kamiloglu, S. (2019). Authenticity and traceability in beverages. *Food Chemistry*, 277, 12-24.
- Kanwal, N., Tahir, A. (2018). Single Nucleotide Polymorphism Quantitative Polymerase Chain Reaction Assay: Detection of Mandarin in Orange Juice. *Fruit Juices: Extraction, Composition, Quality and Analysis*, 805-822.
- Karoui, R. (2012). Food Authenticity and Fraud. *Chemical Analysis of Food: Techniques and Applications*, 499-517.
- Kaur, L., Rishi, M. S., Siddiqui, A. U. (2020). Deterministic and probabilistic health risk assessment techniques to evaluate noncarcinogenic human health risk (NHHR) due to fluoride and nitrate in groundwater of Panipat, Haryana, India. *Environmental Pollution*. Manuscript 259, 113711, Retrieved April 2020, from <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113711>.
- Kelly, S. D., Abraham, A., Rinke, P., Cannavan, A. (2021). Detection of exogenous sugars in pineapple juice using compound-specific stable hydrogen isotope analysis. *Nature Partner Journals/Science of Food*, 5(10), 1-7.
- Korenaga, T., Suzuki, Y., Chikaraishi, Y. (2019). Biochemical stable isotope analysis in Food authenticity. *Engineering Tools in the Beverage Industry*, 7, 209-227.
- Kurz, C., Leitenberger, M., Carle, R., Schieber, A. (2010). Evaluation of fruit authenticity and determination of the fruit content of fruit products using FT-NIR spectroscopy of cell wall components. *Food Chemistry*, 119, 806-812.
- Kvasnicka, F., Voldrich, M., Pys, P., Vins, I. (2002). Determination of isocitric acid in citrus juice-a comparison of HPLC, enzyme set and capillary isotachopheresis methods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 6, 685-691.
- Laursen, K. H., Bontempo, L., Camin, F., Roßmann, A. (2016). Advances in Isotopic Analysis for Food Authenticity Testing. *Advances in Food Authenticity Testing*, 9, 227-252.
- Lee, T. P., Sakai, R., Manaf, N. A., Rodhi, A. M., Saad, B. (2014). High performance liquid chromatography method for the determination of patulin and 5-hydroxymethylfurfural in fruit juices marketed in Malaysia. *Food Control*, 38, 142-149.
- Li, Z., Yuan, Y., Yao, Y., Wei, X., Yue, T., Meng, J. (2019). Formation of 5-hydroxymethylfurfural in industrial-scale apple juice concentrate processing. *Food Control*, 102, 56-68.
- Louche, L. M. M., Gaydou, E. M., Lesage, J. C. (1998). Determination of phlorin as peel marker in orange (*Citrus sinensis*) fruits and juices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(10), 4193-4197.
- Low, N. H., Hammond, D. A. (1996). Detection of inulin in apple juice by capillary gas chromatography. *Fruit Processing*, 4, 135-139.
- Low, N. H., McLaughlin, M., Hofsommer, H. J., Hammond, D.A. (1999). Capillary gas chromatographic detection of invert sugar in heated, adulterated, and adulterated and heated apple juice concentrates employing the equilibrium method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(10), 4261-4266.
- Maham, M., Karami-Osboo, R., Shojae AliAbadi, M. H. (2019). Authentication of consumed lemon juice in Golestan province using liquid chromatography-mass spectrometry. *Food Science and Technology*, 86 (16), 325-334. (In Farsi)
- Malacrino, P., Tosi, E., Caramia, G., Prisco, R., Zapparoli, G. (2005). The vinification of partially dried grapes: a comparative fermentation study of *Saccharomyces cerevisiae* strains under high sugar stress. *Letters in Applied Microbiology*, 40(6), 466-472.
- Marsol-Vall, A., Balcells, M., Eras, J., Canela-Garayoa, R. (2016). A rapid gas chromatographic injection-port derivatization method for the tandem mass spectrometric determination of patulin and 5-hydroxymethylfurfural in fruit juices. *Journal of Chromatography A*, 1453, 99-104.
- Martelo-Vidal, M. J., Vazquez, M. (2016). Advances in ultraviolet and visible light spectroscopy for food authenticity testing. *Advances in Food Authenticity Testing*, 35-70.
- Muntean, E. (2010). Simultaneous carbohydrate chromatography and unsuppressed ion chromatography in detecting fruit Juices adulteration. *Chromatographia Supplement*, 71, 69-74.
- Muntean, E. (2010). Simultaneous carbohydrate chromatography and unsuppressed ion chromatography in detecting fruit juices adulteration. *Chromatographia*, 71, 69-74.
- Nader, W. F., Brendel, T., Schubert, R. (2016). Advances in DNA fingerprinting for food authenticity testing. *Advances in Food Authenticity Testing*, 2, 7-33.
- Nuncio-Jauregui, N., Calin-Sanchez, A., Hernandez, F., Carbonell-Barrachina, A. A. (2014). Pomegranate juice adulteration by addition of grape or peach juices. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(4), 646-655.
- Orzepowski, W., Pulikowski, K. (2008). Magnesium, Calcium, Potassium and Sodium content in groundwater and surface water in Arable Lands in the Commune (Gmina) of Kuty Wroclawskie. *Journal of Elementology*, 13(4), 605-614.
- Pagan, J. (2014). Utilization of enzymes in fruit juice production. *Juice Processing*, 8, 151-171.
- Petrus, D. R. and Attaway, J. A. (1986). Visible and ultraviolet absorption and fluorescence and emission characteristics of Florida orange juice and orange pulp wash: Detection of adulteration. *Association of Official Analytical Chemists*, 63, 1317-1331.
- Pirsa, S., Alizadeh, M., Faraji, N., Faraji, S. (2018). Determination of industrial lemon juice adulteration in organic lemon juice by statistical analysis and physicochemical characteristic. *Food Science and Technology*, 73 (14), 255-263. (In Farsi)

- Preti, R. (2019). Progress in beverages authentication by the application of analytical techniques and chemometrics. *Quality Control in the Beverage Industry*, 17, 85-121.
- Rafel, N., Costa, X., Berdún, C. (2014). Assessing juice quality measuring quality and authenticity. *Juice Processing*, 5, 75-83.
- Ramos, A. J., Marin, S. (2014). Spoiling microorganisms in fruit juices. *Juice Processing*, 15, 311-329.
- Rinke, P. (2016). Tradition meets high tech for authenticity testing of fruit juices. *Advances in Food Authenticity Testing*, 23, 625-665.
- Rinke, P. and Spraul, M. (2008). Successful application of SGF-profiling. *New Food*, 1, 18-23.
- Scordino, M., Di Mauro, A., Passerini, A., Maccarone, E. (2004). Phloroglucinol from phlorin hydrolysis for testing quality of commercial orange juices and beverages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 7469-7474.
- Seo, M., Lee, H., Kim, Y. (2019). Relationship between coliform bacteria and water quality factors at Weir Stations in the Nakdong River, South Korea. *Water*, 11(6), 1171-1187.
- Soares, M. V. L., Filho, E. G. A., Silva, L. M. A., Novotny, E. H., Canuto, K. M., Wurlitzer, N. J., Narain, N., Brito, E. S. D. (2017). Tracking thermal degradation on passion fruit juice through Nuclear Magnetic Resonance and chemometrics. *Food Chemistry*, 219, 1-6.
- Sobolev, A. P., Circi, S., Mannina, L. (2016). Advances in nuclear magnetic resonance spectroscopy for food authenticity testing. *Advances in Food Authenticity Testing*, 6, 147-170.
- Spinelli, F. R., Dutra, S. V., Carnieli, G., Leonardelli, S., Drehmer, A. P., Vanderlinde, R. (2016). Detection of addition of apple juice in purple grape juice. *Food Control*, 69, 1-4.
- Taheri-Garavand, A., Yousefian, M. (2020). Application of computer vision on non-destructive detection of grape syrup adulteration. *Innovative Food Technologies*, 7(3), 479-495. (In Farsi)
- Thavarajah, P., Low, N. H. (2006). Adulteration of apple with pear Juice: Emphasis on Major carbohydrates, proline, and arbutin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 4861-4867.
- Thavarajah, P., Low, N. H. (2006a). Isolation and identification of select oligosaccharides from commercially produced total invert sugar with a proposed mechanism for their formation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(7), 2754-2760.
- Theisen, S. (2009). HPLC-IMER as a fast and sensitive method for the determination of sulfur dioxide in foodstuffs. Ph. D. dissertation, University of Bonn, Germany.
- Uzhel, A. S., Borodina, A. N., Gorbovskaia, A. V., Shpigun, O. A., Ztirakha, A. V. (2021). Determination of full organic acid profiles in fruit juices and alcoholic beverages using novel chemically derivatized hyperbranched anion exchanger. *Journal of Food Composition and Analysis*. Manuscript 95, 103674, Retrieved January 01, 2021, from <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103674>.
- Will, F., Bauchhage, K., Dietrich, H. (2000). Apple pomace liquefaction with pectinases and cellulases: analytical data of the corresponding juices. *European Food Research and Technology*, 211, 291-297.
- Will, F., Schulz, K., Ludwig, M., Otto, K., Dietrich, H. (2002). The influence of enzymatic treatment of mash on the analytical composition of apple juice. *International Journal of Food Science and Technology*, 37, 653-660.
- Willems, J. L., Low, N. H. (2014). Authenticity analysis of pear juice employing chromatographic fingerprinting. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(48), 11737-11747.
- Willems, J. L., Low, N. H. (2018). Structural identification of compounds for use in the detection of juice-to-juice debasing between apple and pear juices. *Food Chemistry*, 241, 346-352.
- Wistaff, E. A., Beller, S., Schmid, A., Neville, J. J., Nietner, T. (2021). Chemometric analysis of amino acid profiles for detection of fruit juice adulterations – Application to verify authenticity of blood orange juice. *Food Chemistry*. Manuscript 343, 128452, Retrieved May 01, 2021, from <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128452>.
- Wozniak, L., Szczepanska, J., Roszko, M., Skapska, S. (2020). Occurrence of maltose in apple juices: Improved method of analysis, typical levels, and factors affecting it. *LWT - Food Science and Technology*. Manuscript 124, 109154, Retrieved April 2020, from <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109154>.
- Wu, W., Xiao, G., Yu, Y., Xu, Y., Wu, J., Peng, J., Li, L. (2021). Effects of high pressure and thermal processing on quality properties and volatile compounds of pineapple fruit juice. *Food Control*. Manuscript 130, 108293, Retrieved December 2021, from <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108293>.
- Xie, L. J., Ye, X. Q., Liu, D. H., Ying, Y. B. (2008). Application of principal component-radial basis function neural networks (PC-RBFNN) for the detection of water-adulterated bayberry juice by near-infrared spectroscopy. *Journal of Zhejiang University Science B*, 9(12), 982-989.
- Yeganeh-Zare, S., Farhadi, KH., Amiri, S. (2022). Rapid detection of apple juice concentrate adulteration with date concentrate, fructose and glucose syrup using HPLC-RID incorporated with chemometric tools. *Food Chemistry*. Manuscript 370, 131015, Retrieved February 15, 2022, from <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131015>.
- Yousefi, A. R., Khodabakhsh Aghdam, S. (2016). Detection of water fraud in natural lime juice using fuzzy logic table look-up scheme. *Food Science and Technology*, 58(13), 173-181. (In Farsi)
- Zhao, H., Zhou, F., Dziugan, P., Yao, Y., Zhang, J., Lv, Z., Zhang, B. (2014). Development of organic acids and volatile compounds in cider during malolactic fermentation. *Journal of Food Sciences*, 32(1), 69-76.
- Zidkova, J., Chmelik, J. (2001). Determination of saccharides in fruit juices by capillary electrophoresis and matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight mass spectrometry. *Journal of Mass Spectrometry*, 36, 417-421.