Eco-phytochemical
Journal of Medicinal Plants
Print ISSN: 2322-3235
Online ISSN: 2783-4697
Islamic Azad University
Gorgan Branch
Iranian Society
of Medical Plants

Potential applications of *Aloe vera* L. in the pharmaceutical, cosmetic, health, and food industries - nanoparticle biosynthesis: a comprehensive review

Mohammad Heydari [1], Tayebeh Tabatabaie[1*], Fazel Amiri [1], Seyed Enayat Hashemi[2,3]

[1] Department of Environment, Bushehr Branch, Islamic Azad University, Bushehr, Iran, Email: Tayebeh.Tabatabaie@iau.ac.ir
[2] Invited Professor, Department of Environment, Bushehr Branch, Islamic Azad University, Bushehr, Iran,
[3] Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health and Nutrition, Bushehr University of Medical Sciences, Bushehr, Iran.

Article type:
Research article

Article history
Received: 04-04-2023
Revised: 12-05-2023
Accepted: 14-05-2023

Keywords
Acibar
Aloe vera L.
Biosynthesis
Gel
Nanoparticles

Abstract

Aloe vera L. is one of the oldest and most traditional medicinal plants in history, which is more than a thousand years old. Today, its biological activity is not limited to therapeutic purposes. The expansion of the *Aloe vera* L. industry became evident during the 90s when the development of this product began due to the global demand from consumers for a healthier lifestyle. Considering this plant's relationship with agriculture, industry, and the economy, the present work examined chemical, biological, and nutritional properties of *Aloe vera* and its processing methods, innovations, and biosynthesis of nanoparticles, and industrial applications. Applications of this plant are detailed in pharmaceutical, cosmetic, and food industries, and the global vision of the million-dollar market around this product is discussed. Also, the biosynthesis method of nanoparticles using *Aloe vera* L. as a reducing agent is presented. *Aloe vera* L. has been used to produce nanomaterial through biosynthesis. This plant has many unique properties and is known for its antioxidant, anti-inflammatory, anti-diabetic, sunburn relief, immune system strengthening, anti-aging, and anti-cancer properties. The study concludes that biosynthesized nanoparticles with *Aloe vera* L. are environmentally friendly, simple, economical, and safe.

Cite this article as: Heydari, M., Tabatabaie, T., Amiri, F., Hashemi S.E. (2023). Potential applications of Aloe vera L. in the pharmaceutical, cosmetic, health, and food industries - nanoparticle biosynthesis: a comprehensive review. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants,* 11(2): 101-121.

©The author(s)
Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch
Doi: 10.30495/ejmp.2023.1983243.1725 Dor: 20.1001.1.23223235.1402.11.2.7.0

اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی
شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۳۲۳۵
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۴۶۹۷
دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان
انجمن گیاهان دارویی ایران ثبت ۱۸۹۶۳

کاربردهای بالقوه گیاه صبر زرد *Alo vere* L. در صنایع دارویی، آرایشی، بهداشتی و غذایی- بیوسنتز نانو ذرات: بررسی جامع

محمد حیدری[۱]، طیبه طباطبایی[۱*]، فاضل امیری[۱]، سیدعنایت‌هاشمی[۲و۳]

[۱] گروه محیط زیست، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی بوشهر، ایران، رایانامه: tayebeh.tabatabaie@iau.ac.ir
[۲] گروه محیط زیست، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی بوشهر، ایران.
[۳] گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و تغذیه، دانشگاه علوم پزشکی بوشهر، ایران.

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۱۵
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۲/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۲۴

واژه‌های کلیدی:
آسیبار
بیوسنتز
ژل
صبر زرد آلوئه‌ورا *Alo vere* L
نانوذرات

چکیده

گیاه صبر زرد، آلوئه ورا (*Alo vere* L.) یکی از قدیمی‌ترین و سنتی‌ترین گیاهان دارویی تاریخ است که قدمت آن به بیش از هزار سال می‌رسد. امروزه فعالیت بیولوژیکی آن به اهداف درمانی محدود نمی‌شود گسترش صنعت صبر زرد آلوئه ورا در طول دهه ۹۰ آشکار شد، زمانی که توسعه این محصول به دلیل تقاضای جهانی از سوی مصرف‌کنندگان بیشتر به یک سبک زندگی سالم شروع شد. با توجه به ارتباط کشت و صنعت و اقتصادی که این گیاه کسب کرده است، این کار به بررسی ویژگی‌های شیمیایی، بیولوژیکی و تغذیه‌ای، روش‌های فرآوری گیاه، نوآوری‌ها، بیوسنتز نانو ذرات و کاربردهای صنعتی آن می‌پردازد. در این مقاله کاربردهای آن در صنایع دارویی، آرایشی و بهداشتی، غذایی ارائه شده است و چشم انداز جهانی بازار میلیون دلاری پیرامون این محصول پرداخته شده است. همچنین، در این بررسی، روش بیوسنتز نانو ذرات را با استفاده از صبر زرد آلوئه ورا به عنوان یک عامل کاهنده آورده شده است. مقالات اخیر نشان داد که از گیاه صبر زرد آلوئه ورا برای تولید نانو مواد از طریق بیوسنتز استفاده شده است. این گیاه دارای ویژگی‌های منحصر به فرد بسیاری است و به‌دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی، ضددیابتی، تسکین آفتاب سوختگی، تقویت سیستم ایمنی، ضدپیری و ضدسرطان شناخته شده است. بعلاوه، می‌توان نتیجه گرفت که نانوذرات بیوسنتز شده با گیاه صبر زرد آلوئه ورا، سازگاری با محیط زیست، ساده، مقرون به صرفه و بی ضرر است.

استناد: حیدری، محمد؛ طباطبایی، طیبه؛ امیری، فاضل؛ هاشمی؛ سیدعنایت. (۱۴۰۲). کاربردهای بالقوه گیاه صبر زرد *Alo vere* L. در صنایع دارویی، آرایشی، بهداشتی و غذایی- بیوسنتز نانو ذرات: بررسی جامع. *فصلنامه اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی*، ۱۱(۲)، ۱۲۱-۱۰۱

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان
© نویسندگان.
Doi: 10.30495/ejmp.2023.1983243.1725
Dor: 20.1001.1.23223235.1402.11.2.7.0

مقدمه

برای هزاران سال و به‌دلیل مزایای سلامتی که به طور تجربی به صبر زرد آلوئه ورا نسبت داده می‌شد، بسیاری از فرهنگ‌های باستانی مانند مصری، چینی، هندی و ژاپنی از این گیاه به عنوان یک عنصر برای طب سنتی استفاده می‌کردند. امروزه این گیاه جزء مهمی در طب مدرن است (Ahlawat & Khatkar, 2011; Canche-Escamilla et al., 2019). دانش پیرامون اجزای فعال بیولوژیکی این گیاه کاربرد آنها را در صنایع دارویی، آرایشی و بهداشتی و غذایی گسترش داده است و امروزه بازار صبر زرد آلوئه ورا نرخ رشد سالانه ۷/٦ درصد را از سال ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۵ پیش بینی می‌کند (Baldi et al., 2021; Liontakis et al., 2021; Martínez-Burgos et al., 2022). خواص پزشکی ژل و عصاره صبر زرد آلوئه ورا دارای شواهد بالینی اثبات شده علمی است که در پژوهش‌های مربوط به بهبود زخم، اثرات ضدزخم، اثرات ضدالتهابی، فعالیت آنتی اکسیدانی، فعالیت ضدسرطانی، اثرات ضد دیابت، فعالیت ضد چربی خون، اثربخشی در درمان است (Ahlawat & Khatkar, 2011; Maan et al., 2018).

بیش از ۷۵ ترکیب فعال بیولوژیکی در ژل صبر زرد آلوئه ورا کشف شده است، مانند ویتامین‌ها، مواد معدنی، مونوساکاریدها، پلی ساکاریدها، اسیدهای آمینه، آنتراکینون‌ها، ساپونین‌ها، فیتواسترول‌ها، ترکیبات فنولیک و اسیدهای سالیسیلیک (Basannavar et al., 2014; Hussain et al., 2017). حفظ این ویژگی‌ها و فعالیت بیولوژیکی صبر زرد آلوئه ورا برای به دست آوردن یک محصول با کیفیت بسیار مهم است (Alvarado-Morales et al., 2019; Rodríguez-Rodríguez et al., 2019). بسته به کاربرد نهایی صبر زرد آلوئه ورا، برگ‌های آن را می‌توان با فیله مکانیکی، فرآوری کامل برگ، یا فرآوری دستی فیله‌شده برای تهیه ژل انجام داد (Alvarado-Morales et al., 2019). موفقیت در استفاده از صبر زرد آلوئه ورا به قدری مهم بوده است که در طول دهه‌های گذشته افزایش قابل توجهی در توسعه کارهای تحقیقاتی علمی و در استفاده از حق ثبت اختراع برای حفاظت از فناوری‌ها و محصولات نوآورانه داشته است. پژوهش‌های منتشر شده (هم مقالات و هم حق ثبت اختراع) عمدتاً بر توسعه فناوری‌های فرآوری و توصیف مواد خام متمرکز بود (Maret, 1975; Martínez-Burgos et al., 2022; Maughan, 1984). سپس با تجمیع این صنعت، ارزیابی محصولات با خواص غذایی یا مرتبط با درمان برخی بیماری‌ها قوت گرفت (Ghani et al., 2019).

اگرچه مهمترین ویژگی کاربرد گیاه صبر زرد آلوئه ورا در بخش صنعتی برای اهداف دارویی است، اما این گیاه به دلیل ترکیبات غذایی، فراهمی زیستی و خواص زیست فعال دارای پتانسیل بالایی برای صنایع غذایی است. در سال های اخیر، استفاده از این گیاه به عنوان یک ماده طبیعی عملکردی یا در غنی سازی محصولات غذایی از منابع حیوانی و گیاهی افزایش یافته و به بهبود کیفیت مواد غذایی از جمله افزایش ماندگاری سبزیجات و میوه ها کمک کرده است (Ahlawat & Khatkar, 2011; El-Sayed & El-Sayed, 2020). به‌منظور ارائه اطلاعات دقیق در مورد صنعت صبر زرد آلوئه ورا، این کار با هدف توصیف ترکیب شیمیایی و خواص دارویی صبر زرد آلوئه ورا، ارزیابی فناوری‌های فرآوری، کاربرد صنعتی عصاره صبر زرد آلوئه ورا در صنایع دارویی، آرایشی و بهداشتی و صنایع غذایی پرداخته شده است.

تاریخچه مختصر صبر زرد آلوئه ورا: استفاده دارویی از صبر زرد آلوئه ورا تقریباً ٤٠٠٠ سال پیش ذکر شده است (Manvitha & Bidya, 2014). به گفته سانچز و همکاران (López-Cervantes et al.,

2017). اولین یافته‌های تاریخی در مورد این گیاه به سال ۲۱۰۰ قبل از میلاد بر می‌گردد. در ابتدا صبر زرد آلوئه ورا عمدتاً بر روی آلوئین که ترکیباتی با خواص ملین بسیار متمرکز بود (Huang et al., 2019). اولین کسانی که خواص درمانی صبر زرد آلوئه ورا را تشخیص دادند مصری‌ها، رومی‌ها، یونانی‌ها، عرب‌ها و هندی‌ها بودند(Gao et al., 2019). در کتب پزشکی یونان ثابت شده است که این گیاه به ویژه برگ‌ها را می‌توان برای درمان زخم‌ها، بیماری‌های پوستی، هموروئید و همچنین برای درمان ریزش مو استفاده کرد(Ronald et al., 1991). اگرچه آلوئه ورا در ابتدا به ترکیبات ملین معرفی شد، ژل آن نیز از دهه ۱۹۵۰ مورد توجه قرار گرفت (Manvitha & Bidya, 2014). تاریخی که با آغاز صنعتی شدن و تجاری سازی ژل برگ صبر زرد آلوئه ورا شروع شد (López-Cervantes et al., 2017).

صبر زرد آلوئه ورا: گیاه شناسی و کشت: بر اساس قوانین بین المللی نامگذاری گیاه شناسی، صبر زرد آلوئه ورا با نام علمی *Alo vera* L. است (Sahu et al., 2013). با این حال، آن را با نام‌های *Aloe chinensis Bak*، *Aloe indica Royale*، *Aloe elongate Murray*، *Aloe officinalis Forsk*، *Aloe perfoliata*، *Aloe rubescens DC*، *A. vera L. var. Littoralis Konig ex Bak*، *A. vera L. var. chinensis Berger* یا *Aloe vulgaris Lam* نامگذاری کردند (Ahlawat & Khatkar, 2011). از نظر طبقه بندی، صبر زرد آلوئه ورا متعلق به خانواده *Xanthorrhoeaceae* است. این خانواده از ۳٤ جنس گیاهی و تقریباً ۳۳٤٤ گونه تشکیل شده است. صبر زرد آلوئه ورا بیش از ٤۰۰۰ سال است که برای اهداف درمانی استفاده می‌شود. از ٤۰۰ گونه از جنس آلوئه(López-Cervantes et al., 2018)، از نظر علمی ثابت شده است که چهار گونه دارای خواص دارویی هستند: *Aloe barbadensis*، *Aloe perryi*، *Aloe ferox* و *Aloe arborescens* به عنوان پرمصرف ترین دارو در پزشکی درمانی و داروهای مصنوعی جایگزین در نظر گرفته می‌شود، که محبوب ترین در جهان است و معمولاً آلوئه نامیده می‌شود (Ahmed & Hussain, 2013; Vega et al., 2005).

منشا گیاه صبر زرد آلوئه ورا مورد بحث است. اسناد تاریخی کاربرد دارویی آنها را در مصر باستان، یونان، چین و هند توصیف می‌کنند، اگرچه شواهدی وجود دارد که آفریقا می‌تواند منشاء احتمالی باشد (Manvitha & Bidya, 2014; Steenkamp & Stewart, 2007). گیاه صبر زرد آلوئه ورا به صورت وحشی در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری رشد می‌کند. به راحتی می‌توان آن را در خاک‌های شنی، خشک، رسی و آهکی کشت کرد. حداقل به ۳۲۰ روز آفتابی در سال نیاز دارد، ۹۸ درصد از هوا تغذیه می‌شود و تنها به مقدار کمی کود نیاز دارد. حداقل سه تا چهار سال نیاز دارد تا بالغ شود و آماده برداشت شود (Pandey & Singh, 2016). در حال حاضر، صبر زرد آلوئه ورا به‌عنوان یک گیاه وحشی یافت می‌شود یا در شمال آفریقا، از مراکش تا مصر، در خاورمیانه، در آسیا (به ویژه در هند) در سراسر جنوب مدیترانه و جزایر قناری کشت می‌شود. همچنین در آمریکای مرکزی و جنوبی، به ویژه در آنتیل، پورتوریکو، جامائیکا، مکزیک و در کوه‌های آند گزارش شده است. گیاه صبر زرد آلوئه ورا به‌عنوان یک گیاه گزروفیت در مناطقی با دسترسی کم آب زنده می‌ماند و با داشتن بافت‌هایی برای ذخیره آب مشخص می‌شود (Denius Jr & Homann, 1972; Kluge et al., 1979). گیاه صبر زرد آلوئه ورا به ارتفاع ۵۰ تا ۷۰ سانتی‌متر می‌رسد و از ریشه، ساقه کوتاه شده (که طول آن بیش از ٤۰ سانتی‌متر نیست)، برگ‌ها و گل های زرد یا قرمز تشکیل شده است.

برگ‌ها در اطراف ساقه در سطح زمین به شکل گل رز رشد می‌کنند. برگ‌ها که بیشترین استفاده را در گیاهان دارند، آبدار، سرشار از آب، نیزه‌ای شکل و دندانه دار با سنبله برای محافظت هستند(Reynolds & Dweck, 1999). ساختار خارجی آنها توسط اگزوکارپ تشکیل شده است که توسط یک کوتیکول نازک پوشیده شده است. رنگ سبز یا سبز مایل به آبی آن به عوامل محیطی یا تغذیه‌ای بستگی دارد. اگزوکارپ تقریباً ۲۰ تا ۳۰ درصد وزن تازه کل گیاه را تشکیل می‌دهد. پارانشیم (معمولاً به عنوان پالپ، کریستال یا ژل شناخته می‌شود) یک ماده شفاف و ژله مانند است که در بافت داخلی برگ قرار دارد و ۷۰ تا ۸۰ درصد از کل وزن تازه گیاه را تشکیل می‌دهد (Domínguez-Fernández et al., 2012).

ترکیب شیمیایی برگ صبر زرد آلوئه ورا: برای درک ارتباط اقتصادی صبر زرد آلوئه ورا، دانستن ترکیب شیمیایی برگ‌های آن ضروری است. این ترکیبات فعالیت بیولوژیکی، کاربردهای درمانی، خواص غذایی و دارویی را برای تولید بعدی محصولات با ارزش افزوده تعیین می‌کنند. برگ صبر زرد آلوئه‌ورا از کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، مواد معدنی و آب تشکیل شده است (Domínguez-Fernández et al., 2012; Femenia et al., 1999). ترکیب شیمیایی، فنول کل و ترکیب توکوفرول برگ‌ها (پوست، فیله تازه و لیوفیلیزه) و ژل (تازه و لیوفیلیزه) در جدول (۱) توضیح داده شده است. لیگنین (۲۰ درصد) و آب (۹۰ درصد). همچنین، ژل از کربوهیدرات‌ها (به‌طور عمده فروکتوز و گلوکز) تشکیل شده است. در ژل تازه، نسبت این مونوساکاریدها ۱:۲ (وزنی/وزنی) است.

جدول ۱: ترکیبات شیمیایی، فنول کل و توکوفرول کل قسمت‌های مختلف گیاه صبر زرد آلوئه ورا، تازه و لیوفیلیزه.

بخش‌هایی از گیاه صبر زرد آلوئه ورا					
اجزای تشکیل دهنده	پوست (Femenia et al., 1999)	فیله تازه (Añibarro-Ortega et al., 2019)	فیله (لیوفلیزه) (Añibarro-Ortega et al., 2019)	ژل تازه(Dammak et al., 2018; Femenia et al., 1999; Scala et al., 2013)	ژل (لیوفلیزه) (Bozzi et al., 2007; Femenia et al., 1999)
آب	۹۰	۹۸	–	۹۹	–
اسیدیته (درصد اسید مالیک)	–	۰/۰۹۷	۵/۷۵	۰/۰۶-۰/۰۵۲	۱۷/۵۷-۳۵/۷۴
لیپیدها (درصد)	۲/۷۱	۰/۰۱۷	۱	۵/۴۵	۵/۱۳
خاکستر	۱۳/۴۶	۰/۱۵۰	۹	۱۸	۷/۳۰
کربوهیدرات	۶۰/۳۴	۰/۶۳۰	۳۷/۴	۷/۹۴	۷۲/۱۷
پروتئین	۶/۳۳	۰/۰۴-۰/۲۵	۲/۶۰	۰/۱۲	۸/۹۲
کلسیم	۱/۲۳	۳/۱۲	–	–	۳/۲۸
فنولیک کل	۰/۰۶۲	–	–	۲/۳۰۷	–
توکوفرول	–	۹۳	۵۵۲۷	–	–

وجود اسید مالیک مشخصه نمونه‌های تازه است و برای فتوسنتز گیاه ضروری است. در ژل لیوفیلیزه یا پودر، اسیدیته به دلیل افزودن اسیدسیتریک، سوکسینیک یا لاکتیک برای جلوگیری از اکسیداسیون بیشتر است. به‌طورکلی، محتوای پروتئین در هر گرم در نمونه‌های تازه فیله و ژل کمتر از نمونه‌های

لیوفیلیزه است. ژل تازه دارای محتوای بالایی از فنل کل (۲۳۰۷ میلی گرم اسید گالیک معادل در گرم) است. یک بخش (۱۰۰ گرم) فیله لیوفیلیزه به‌ترتیب برای تامین ۶۹ درصد و ۳۲ درصد از ویتامین E توصیه شده برای کودکان و بزرگسالان کافی است (Añibarro-Ortega et al., 2019; Bozzi et al., 2007).

ترکیب شیمیایی گل صبر زرد آلوئه ورا: گل‌های گیاه صبر زرد آلوئه ورا نیز دارای خواص دارویی هستند که از گل آذینی که به‌صورت عمودی رشد می‌کند منشاء می‌گیرد(López-Cervantes et al., 2017). گل آذین به شکل خوشه‌های ساده یا مرکب است که شامل ۱۰۰ تا ۲۰۰ گل است که به صورت مارپیچ روی شاخه‌ای به طول تقریبی ۱۰۰ سانتی‌متر قرار گرفته‌اند (Rodríguez-Rodríguez et al., 2019). اکثر گونه‌های صبر زرد آلوئه‌ورا گل‌های لوله‌ای و رنگی (زرد–قرمز) تولید می‌کنند (Vickers, 2017). گل‌های صبر زرد آلوئه ورا همچنین حاوی مقادیر قابل توجهی پروتئین، لیپید، فیبر و خاکستر هستند. علاوه بر این، خواص آنتی اکسیدانی امیدوارکننده‌ای را می‌توان در استفاده از آنها مشاهده کرد (López-Cervantes et al., 2018; Ortega-Toro et al., 2017).

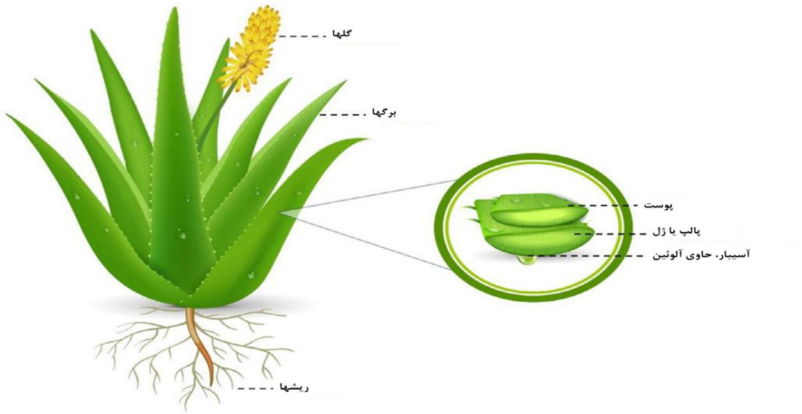
خواص بیولوژیکی: بیش از ۲۰۰ ترکیب شیمیایی در برگ صبر زرد آلوئه ورا شناسایی شده است، با این حال، در برگ ژل، ترکیبات اصلی مرتبط با خواص درمانی پلی ساکاریدها هستند، اما اثر سینرژیک در میان اکثریت و اقلیت ترکیبات نیز در نظر گرفته شده است(Basannavar et al., 2014; Teplicki et al., 2018). ژل صبر زرد آلوئه ورا به عنوان غذا با چندین ویژگی بیولوژیکی استفاده می‌شود، مانند آنتی اکسیدان بالقوه، ضد ویروسی، ضد باکتری (Martínez-Burgos et al., 2022). در زمینه پزشکی، اثرات دارویی آن بر اجزای مختلف سندرم متابولیک نشان داده شده است، از جمله اثرات ضد قند خون، دیس لیپیدمی، فشار خون بالا، چاقی و فعالیت ضد التهابی، فعالیت تعدیل کننده ایمنی، عوامل ضد دیابت و ضد سرطان (بیماری نئوپلاستیک) (Cavasana et al., 2020; Majumder et al., 2019).

صبر زرد آلوئه ورا معمولا برای بیماری‌های پوستی (مانند آفتاب سوختگی، درماتیت، پسوریازیس) برای محافظت در برابر آسیب اشعه استفاده می‌شود (Mukherjee et al., 2014). علاوه بر این، مهم است که ارتباط ژل صبر زرد آلوئه ورا یا عصاره برگ کامل را با ویتامین های C و E برجسته کنیم که فراهمی زیستی خوراکی ویتامین‌ها را بهبود می‌بخشد. این احتمالاً به دلیل اثر محافظتی در برابر تخریب مجرای روده است، اگرچه سرعت جذب این ویتامین‌ها را کاهش می‌دهد. صبر زرد آلوئه ورا می‌تواند یک مکمل در فرمولاسیون‌های دارویی برای افزایش فراهمی زیستی ویتامین‌ها باشد (Hamman, 2008; Vinson et al., 2005). از سوی دیگر، گل‌های صبر زرد آلوئه ورا که غلظت بالایی از آنتی‌اکسیدان‌ها، اسیدهای چرب و سایر مواد فعال زیستی را نشان می‌دهند، می‌توانند کاربردهای امیدوارکننده ای در صنعت آرایشی و بهداشتی، عمدتاً برای درمان پوست داشته باشند. علاوه بر این، در صنایع غذایی گل‌های صبر زرد آلوئه ورا نیز به ویژه در آسیا و اروپا محبوبیت پیدا می کنند، زیرا رژیم‌های غذایی غنی از آنتی اکسیدان‌ها خطرات قلبی عروقی و بیماری های مزمن و همچنین سرطان را کاهش می‌دهند(López-Cervantes et al., 2018). در نهایت، آنتراکینون‌ها و مشتقات ریشه صبر زرد آلوئه ورا دارای اثر ضدویروسی گزارش شده علیه ویروس آنفولانزای AH1N1 هستند (Borges-Argáez et al., 2019; Dammak et al., 2018).

روش‌های فراورش صبر زرد آلوئه ورا و توسعه محصول: توسعه محصولات کاربردی و غذایی (بیولوژیکی و فیتوشیمیایی) علاقه عمده بخش صنعتی (صنعت تولید) را به صبر زرد آلوئه ورا برانگیخت (شکل ۱). در حال حاضر، این گیاه در حالت خام برای مصرف کنندگان به دلیل خواص دارویی و عملکردی که کشف شده است جذاب است (Castillo et al., 2010; Eshun & He, 2004). بنابراین، این صنعت شامل صبر زرد آلوئه ورا در توسعه غذاهای کاربردی (Flores-López et al., 2016)، لوازم آرایشی کاربردی (Eshun & He, 2004) و همچنین انواع مدل‌های مختلف از داروها (Maan et al., 2018)، استفاده می‌شود. سه نوع محصول تجاری را می‌توان از برگ‌های گیاه صبر زرد آلوئه‌ورا به دست آورد (جدول ۲). علاوه بر این، از برگ آلوئه ورا، می‌توان آسیبار، مایع زرد رنگ، با بوی قوی و تلخ استخراج کرد (Vega-Gálvez et al., 2011).

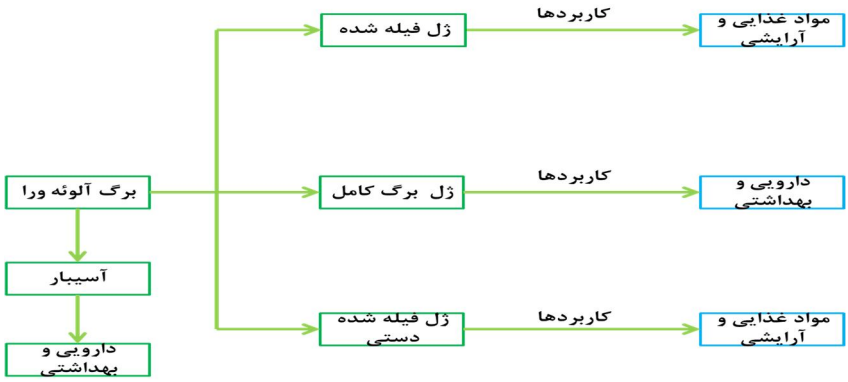
جدول ۲: محصولات تجاری به دست آمده از برگ صبر زرد آلوئه ورا.

محصول	شرح	فعالیت بیولوژیکی	فعالیت صنعتی
ترشح خشک	از سلول‌های آلوئین موجود در ناحیه عروقی که معمولاً آلوئه نامیده می‌شود، دفع می شود.	این یک داروی طبیعی است که به دلیل اثر کاتارتیک آن شناخته شده است.	به عنوان یک عامل تلخ در نوشیدنی‌های الکلی استفاده می‌شود.
ژل آلوئه	مایع غلیظی از موسیلاژ موجود در مرکز برگ‌ها.	به عنوان یک محصول پوستی و به عنوان یک عامل مفید برای پوست استفاده می شود و نرمی و لطافت را ایجاد می‌کند. سایر فعالیت‌های بیولوژیکی: اثرات ضد دیابت، محرک سیستم ایمنی و ضد التهاب، درمان یبوست، سرفه، زخم، آرتریت.	این ژل دارای خواصی است که در صنایع آرایشی و بهداشتی و داروسازی استفاده می‌شود. علاوه بر این، این ژل در چندین نوشیدنی به عنوان مکمل غذایی استفاده می‌شود.
روغن	استخراج شده از طریق حلال‌های آلی، کسر لیپیدی برگ‌ها است.	–	این ماده تنها در صنایع آرایشی و بهداشتی، به عنوان انتقال دهنده رنگدانه و عامل آرام بخش استفاده می‌شود.



شکل ۱: گیاه صبر زرد آلوئه ورا و سطح مقطع برگ صبر زرد آلوئه ورا.

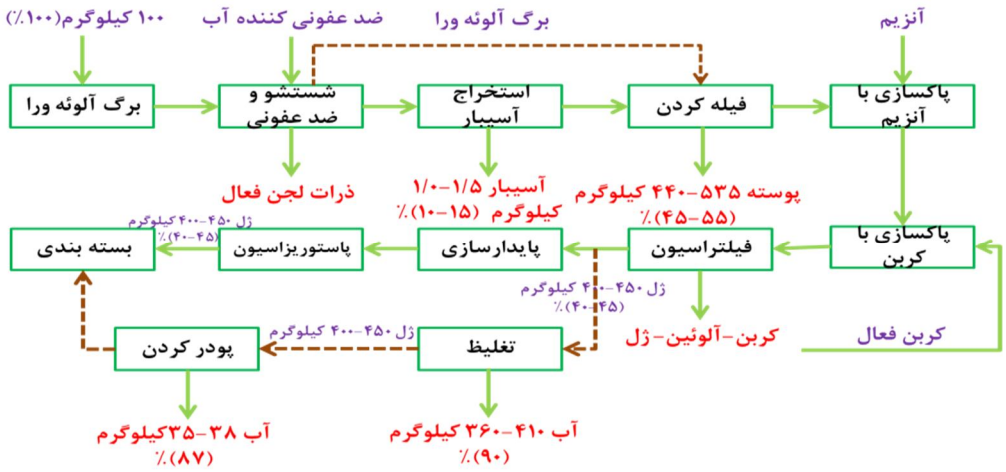
به‌طور کلی سه نوع ژل از این گیاه به دست می‌آید: ژل فیله پرس شده، ژل فیله شده دستی و ژل برگ کامل که دارای خواص متنوع و کاربردهای بسیار متنوع در صنایع مختلف هستند (شکل ۲).



شکل ۲: ژل‌های به دست آمده از برگ صبر زرد آلوئه ورا و کاربرد آن.

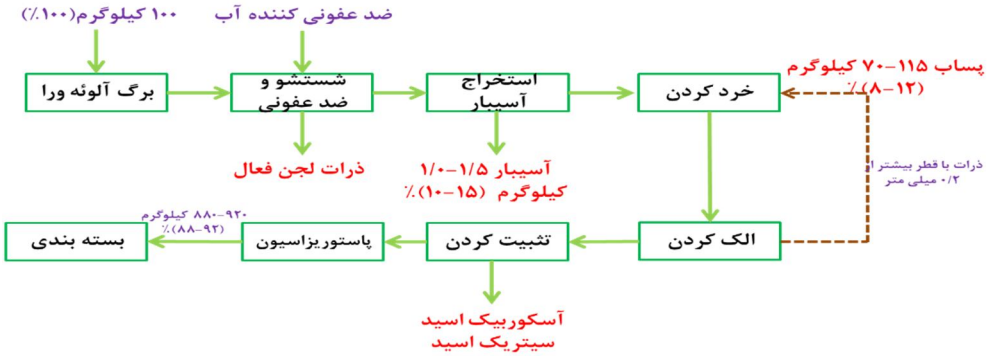
ژل‌ها به‌عنوان مواد اولیه برای تولید چندین محصول با ارزش افزوده استفاده می‌شوند. بسیاری از صنایع، فناوری‌ها و روش‌های مختلفی را برای فراوری و حفظ ژل آلوئه ورا و جلوگیری از تغییر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن توسعه داده‌اند. ژل صبر زرد آلوئه ورا ارزش تجاری بالایی دارد و بازدهی ۷۰ درصد (۱۰۰ گرم فیله/ گرم ژل) دارد. در قسمت‌های بعدی روش‌های فرآوری ژل آلوئه ورا به تفصیل توضیح داده شده است.

ژل فیله شده فشرده: فرآیند با مراحل تمیز کردن و ضدعفونی شروع می‌شود (شکل ۳). شستشو و ضدعفونی برگ‌ها اولین مراحل این فرآیند است. معمولاً در مرحله گندزدایی از محلول‌های ضدعفونی کننده آمونیوم چهارم و پنجم در غلظت‌های بین ۵۰ تا ۲۰۰ ppm استفاده می‌شود. برخی از مطالعات فرآیندهای گندزدایی را با استفاده از هیپوکلریت سدیم در ۲۰۰ ppm گزارش کرده‌اند. (Domínguez-Fernández et al., 2012). زمان تخمینی برای بدست آوردن حداقل ۸۰ درصد از آسیبار ۴۵ تا ۶۰ دقیقه است (Vega-Gálvez et al., 2011).

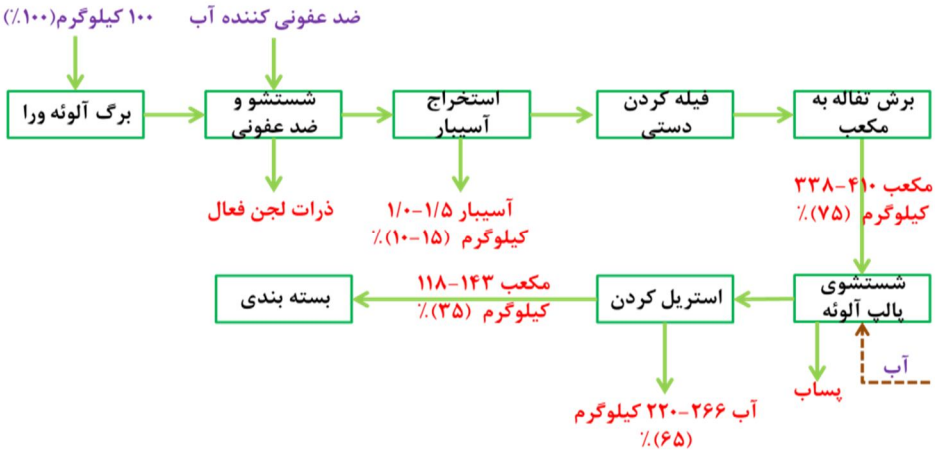


شکل ۳: تولید ژل فیله مکانیکی از برگ صبر زرد آلوئه ورا.

فرآوری برگ صبر زرد آلوئـه‌ورا: روش‌هـای تمیـز کردن و ضد عفونی کردن کامل مراحل اولیه کل برگ (شکل ٤) نشان داده شده است. پس از آن، آسیبار به همان روشی که در ژل فیلـه شـده مکـانیکی برداشـته می‌شود. پس از آن، بـرگ صـبر زرد آلوئـه ورا خـرد می‌شود تا ذرات کوچکتر از ۲ میلی متر بدسـت آیـد. سپس ژل با اسید اسکوربیک و اسید سـیتریک تثبیـت می‌شود. در نهایت پاستوریزه و بسته بنـدی مـی‌شـود (Guerrero-Beltr· n & Barbosa-C· novas, 2004).



شکل ٤: فرآوری کامل برگ صبر زرد آلوئه ورا.



شکل ٥: فرآیند ژل فیله شده دستی از برگ صبر زرد آلوئه ورا.

فرآوری فیله دستی: پس از شستن و ضدعفونی کردن برگ‌های صبر زرد آلوئه ورا، آسیبار استخراج می‌شود (شکل ٥). در این ژل استخراج آسیبار ضروری اسـت زیرا کاربرد اصلی آن در صنایع غذایی و مصرف تـازه می‌باشـد. در غلظـت‌هـای بـالاتر از ۰/۱ ppm خطـر مسمومیت با مصرف آسیبار افزایش می‌یابد (Javed & Atta ur, 2014; Rumpf, 1990). سپس پوست تفاله را به‌طور کامل جدا می‌کنند و پالـپ را بـه مکعـب‌هـای کوچک با حجم حـداکثر ۰/۱۲۵ سـانتی متـر مکعـب برش می‌دهند و سپس با شستشوهای متوالی (معمـولاً ۲ تا ۳ بار) آلوئین از بین می رود. کـه در آن بـه ازای هر کیلوگرم خمیـر آلوئـه ورا، سـه لیتـر آب اسـتفاده می‌شود (۳:۱). این مرحله اشکال اصلی فرآیند اسـت زیرا با استفاده از مقادیر زیادی آب و عملیات حرارتی انجام می‌شود. اسـتفاده از دماهـا و فشـارهای شـدید می‌تواند ویتامین‌های حساس به حرارت مانند ویتامین

A، B1، B2، B6، B12 و C (de Rodriguez et al., 2006) و برخی پلی ساکاریدها مانند گلوکومانان که در دمای بالا ناپایدار می‌شوند (Das et al., 2017). در پایان فرآیند، پالپ استریل شده و در نهایت بسته بندی می‌شود. هنگامی که ژل برای مصرف تازه در نظر گرفته شده است، پس از فیله شدن، تحت فرآیند شستشو قرار می‌گیرد، بسته بندی می‌شود و در نهایت در دمای سرد (۲ تا ۸ درجه سلسیوس) نگهداری می‌شود.در صنعت از برخی پارامترهای کمی و کیفی برای تضمین کیفیت ژل‌ها استفاده می‌شود (جدول ۳). در ماده خام، کنترل‌های کیفی قبل از برداشت انجام می‌شود و عمدتاً بر اطمینان از عاری بودن برگ‌ها از هر نوع آفت متمرکز است. علاوه بر این، یکی دیگر از پارامترهای مهم سن محصولات است، زیرا خواص صبر زرد آلوئه ورا بیشتر در گیاهان بالغ (حداقل ۳ سال) وجود دارد (Martínez et al., 2017).سایر پارامترهای کیفی ارزیابی شده عبارتند از جمله: بریکس، pH و اسیدیته (Zapata et al., 2013).

جدول ۳: ویژگی‌ها و پارامترهای کیفی ژل صبر زرد آلوئه ورا.

انواع ژل	سن گیاهان	شستشو و ضدعفونی	استخراج	تثبیت ژل	ویژگی‌های ژل	عملیات حرارتی
ژل فیله شده فشرده	حداقل باید از مزارع ۳ ساله استفاده کرد.	+	عموماً مکانیکی	اسید اسکوربیک / اسید سیتریک	شفاف بریکس = ۰/۵ ۱/۰ آلوئین ۱/۰ ppm pH: ۳-۳/۵ اسیدیته: ۰/۳۵-۰/۲۵	پاستوریزاسیون امکان استفاده از UV وجود دارد.
ژل کل برگ	–	این فرآیندها قوی تر هستند زیرا بخشی از برگ در ژل است.	–	اسید اسکوربیک / اسید سیتریک	ابری بریکس= ۰/۵ ۱/۰ آلوئین ۱/۰ ppm pH: ۳-۳/۵ اسیدیته: ۰/۳۵-۰/۲۵	پاستوریزاسیون
ژل فیله شده دستی	–	+	دستی که خطر آلودگی را افزایش می دهد.	هیچ تثبیت کننده ای استفاده نمی شود.	مکعب‌های سبک pH ۵/۵-۴/۵ اسیدیته: ۰/۰۵ آلوین: ۰/۱	استریلیزاسیون

بازار محصولات صبر زرد آلوئه ورا: محصولات صبر زرد آلوئه ورا در حال حاضر در سراسر جهان تولید و تجاری می‌شوند. مهمترین تولیدکنندگان صبر زرد آلوئه ورا در آسیا، چین و تایلند هستند. آفریقای جنوبی (Steenkamp, 2015) و کلمبیا (Flórez Martínez, 2018)، نمونه‌هایی از کشورهایی هستند که در توسعه این محصول در حال ظهور هستند. برخی از مهم ترین شرکت‌ها با تمرکز بر تولید و تحول صبر زرد آلوئه ورا عبارتند از AMB Wellness (واقع در مکزیک)، Aloe Farms و Forever Living Products (مستقر در ایالات متحده)، OKF Corp و Tulip International Inc (مستقر در کره جنوبی).

صبر زرد آلوئه ورا به‌عنوان یک ماده خام (به‌عنوان مثال عصاره صبر زرد آلوئه ورا، ژل یا پودر) یا به‌عنوان یک محصول اصلاح شده تجاری می‌شود. بر اساس گزارش شورای علمی بین المللی صبر زرد آلوئه ورا، تجارت محصول صبر زرد آلوئه ورا در سال ۲۰۱۲ به صنعت چند میلیارد دلاری رسید و هزاران نفر را در سراسر جهان استخدام کرد. ژل صبر زرد آلوئه ورا به عنوان یک ماده فرآوری شده و یک ماده فعال در دسته‌های مختلف محصولات استفاده

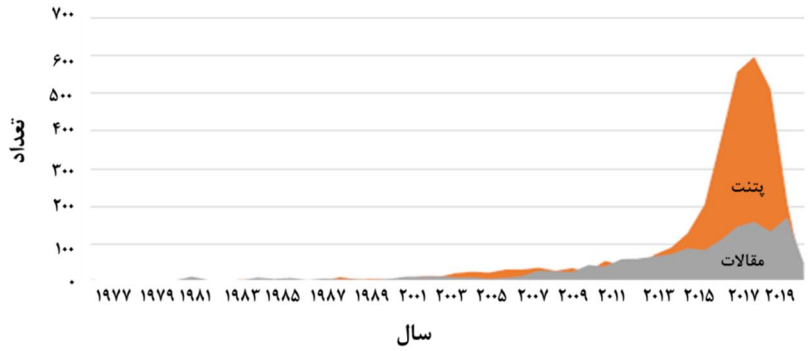
می‌شود. از جمله مواد آرایشی (مانند صابون‌ها، شامپوها، شوینده‌های نرم کننده، لوسیون‌های پوست، ماسک‌ها، کرم‌های تقویت کننده، ضدعفونی کننده دست، ضد آفتاب‌ها، پاک کننده‌های آرایش، ژل‌های تغذیه کننده پوست، لایه بردارها، کرم‌های مرطوب کننده، ژل‌های اصلاح، ژل‌های دندان، بالم لب، دئودورانت‌ها. ترکیبات کاربردی در غذاها (مانند محصولات تعدیل کننده سیستم ایمنی، مکمل‌های غذایی ورزشی، نوشیدنی‌های ورزشی)، نوشیدنی‌ها (مانند آب میوه، چای، نوشیدنی‌های ملین، اسموتی‌های میوه‌ای صبر زرد آلوئه ورا و نوشیدنی-های انرژی زا)، محصولات بهداشتی (ویتامین‌های صبر زرد آلوئه ورا، داروهای دامپزشکی و محصولات دارویی) و سایر محصولات (مواد شوینده کف، پاک‌کننده‌های ظرف/ظروف، آفت‌کش‌ها و غیره) (Antignac et al., 2011; Baruah et al., 2016; Eshun & He, 2004; Javed & Atta ur, 2014).

بازار عصاره صبر زرد آلوئه ورا بسیار امیدوار کننده است و گسترش این محصولات در بازار جهانی گزارش شده است. در سال ۲۰۱۸، مقادیر بازار جهانی عصاره صبر زرد آلوئه ورا با پیش بینی افزایش نرخ رشد سالانه ۷/٦ درصد از سال ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۵، ۱,٦۰ میلیارد دلار بود (Martínez-Burgos et al., 2022). بخش نوشیدنی صبر زرد آلوئه ورا در جهان با نرخ متوسط ترکیبی ۱۰ درصد در مقابل ۷/٦ درصد رشد بازار جهانی عصاره‌ها رشد می‌کند(Martínez-Burgos et al., 2022). توزیع جهانی بازار عصر نوشیدنی با محتوای صبر زرد آلوئه ورا در (شکل ٦) نشان داده شده است.

شکل ٦: توزیع بازار جهانی نوشیدنی‌های صبر زرد آلوئه ورا در سال ۲۰۱۵.

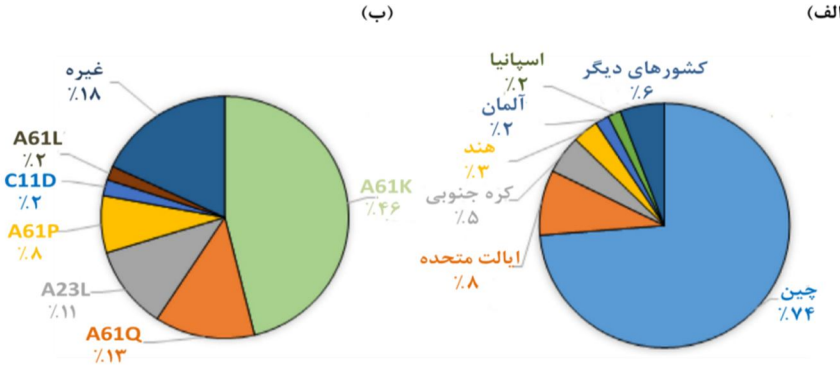
نوآوری‌ها و کاربردهای صبر زرد آلوئه‌ورا: برای ارزیابی پیشرفت در زمینه‌های علم، فناوری و نوآوری برای محصولات مبتنی بر صبر زرد آلوئه‌ورا، بررسی گسترده‌ای از مقالات تحقیقاتی و پتنت‌های منتشر شده انجام شد. مقالات پژوهشی از طریق پایگاه داده Science Direct و با استفاده از کلمات " "Aloe vera"" در عنوان، چکیده یا به عنوان کلمات کلیدی به‌دست آمدند. جستجوی اسناد ثبت اختراع در پایگاه داده Derwent Innovations با استفاده از کلمات کلیدی یکسان در زمینه عنوان و موضوع صبر زرد آلوئه ورا انجام شد. هر دو جستجو برای دوره بین سال‌های ۱۹۷۸ و ۲۰۲۰ انجام شد. فیلتر کردن دستی اطلاعات، تجزیه و تحلیل خلاصه هر کار، و حذف اسناد خارج از اهداف این مطالعه انجام شد. در نتیجه، ۱۵٤۵ مقاله منتشر شده و ۳۲۸۳ ثبت اختراع ثبت شده یافت شد. تا سال ۲۰۱۱ تعداد مقالات منتشر شده

معادل تعداد پتنت‌ها بود (شکل ۷). کاهش ظاهری در دو سال آخر تجزیه و تحلیل به دوره ۱۸ ماهه محرمانه بودن نسبت داده می‌شود، بنابراین درخواست‌های ثبت نام در این دوره در آینده مشاهده خواهد (Vandenberghe et al, 2020).



شکل ۷: تعداد پتنت‌های ثبت شده و مقالات منتشر شده در سال.

اولین حق ثبت اختراع منتشر شده برای آلوئه ورا مهم بود، زیرا آنها اطلاعاتی را در مورد فرآوری گیاه برای استخراج ژل ارائه می‌کردند و کاملاً بر روی فناوری‌های پردازش متمرکز بودند. بین سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۲۰، تمرکز بیشتری بر ثبت اختراع محصولات حاوی عصاره صبر زرد آلوئه ورا مشاهده شد. با در نظر گرفتن طبقه بندی بین المللی ثبت اختراع (Martínez-Burgos et al., 2022)، مشاهده شد که ۸۲ درصد از تولیدها به شش گروه تعلق دارند (شکل ۸ الف). با این حال، اکثر پتنت‌ها در سه گروه متمرکز شده اند: آماده سازی پزشکی (A61K)، آرایشی و بهداشتی (A61Q) و مواد غذایی (A23L) به ترتیب با ٤٦ درصد، ۱۳ درصد و ۱۱ درصد. کشورهای اصلی ثبت اختراع در این زمینه عبارتند از: چین، ایالات متحده، کره جنوبی، هند، آلمان و اسپانیا (شکل ۸ ب).



شکل ۸: الف) طبقه بندی اختراعات بر اساس کد IPC. ب) کشورهای اصلی ثبت اختراع با صبر زرد آلوئه ورا.A61K : آماده سازی برای اهداف پزشکی، دندانپزشکی. A61Q: استفاده خاص از لوازم آرایشی یا محصولات مشابه. A23L: غذاها، مواد غذایی یا نوشیدنی‌های غیر الکلی،تحت پوشش زیر کلاس‌ها نیست. A61P: فعالیت درمانی خاص ترکیبات شیمیایی یا آماده سازی دارویی. C11D: ترکیبات شوینده. استفاده از مواد منفرد به عنوان مواد شوینده، صابون سازی، صابون‌های رزینی، بازیابی گلیسرول، A61L: روش‌ها یا دستگاه‌هایی برای استریل کردن مواد یا اشیاء به طور کلی. ضد عفونی کردن، استریل کردن، یا بو زدایی از هوا.

کاربردها در صنایع غـذایی: در سال‌هـای اخیـر، گیـاه صبر زرد آلوئه ورا به‌طور فزاینده‌ای در فـرآوری مواد غذایی بـا منشـاء حیـوانی و گیـاهی و همچنـین مصرف آن در طبیعت استفاده شده اسـت. ژل، پـودر، عصاره، آب میوه، پالپ، موسیلاژ و ترکیب با ترکیبات فعـال زیسـتی اشـکال اصـلی کـاربرد آلوئـه ورا در فرمولاسیون مواد غـذایی هسـتند. در طـول سـال‌هـا، تقاضا برای مواد غذایی سالم، به ویژه غذاهای غنـــی از ویتامین‌ها و ترکیبات آنتی اکسیدانی افـزایش یافتـه است. بنابراین، استفاده از آلوئه ورا به عنوان یک مـاده نگه‌دارنده و کـــاربردی غذایی بـــه دلیل منبع خوب ویتامین‌های محلول در آب و ترکیبات آنتی اکسیدانی، منجر به توسعه محصولات با ارزش افزوده شده است (El-Sayed & El-Sayed, 2020). بســـیاری از محصولات غذایی با صـبر زرد آلوئـه ورا غنـی شـده بودند، مانند نوشابه‌های گازدار، نوشیدنی‌های گـازدار، نوشیدنی‌های انـرژی‌زا، بسـتنی، ماسـت، محصـولات قنادی، غـذاهای تخمیـری، نوشـیدنی‌هـای کـاربردی، چای پیشگیری از سرطان، مکمـل‌هـای غـذایی بـرای حیوانات و نوشیدنی های بـرای اسـترس (Martínez-Burgos et al., 2022).

در تولید مواد غذایی تخمیری، از آن بـرای تولیـد پنیرهـای مغـذی(El-Sayed & El-Sayed, 2020)، ماست، سرکه و نوشـیدنی‌هـای الکلـی (Ahlawat & Khatkar, 2011; Hamman, 2008) استفاده می‌شـود. پودر ژل صبر زرد آلوئه ورا همچنین در فرآورده‌هـای گوشتی به عنـــوان یک نگهدارنده طبیعی استفـــاده شده است، به عنوان مثـــال، استفـــاده از ۳/۵ درصد پـــودر ژل در ناگت مرغ بـــه کنترل میکروبی کمک می‌کند (Vickers, 2017). با این حـال، امیدوارکننـده ترین استفاده از گیـاه صـبر زرد آلوئـه ورا در صـنایع غذایی در تولیـد پوشـش خـوراکی بـرای میـوه‌هـا و سـبزیجات، ماننـد گوجـه فرنگـی، سـیب، پـــاپایا، گیلاس، کلم بروکلی، گل کلم و هویج بوده است.

ترکیب ژل صبر زرد آلوئه ورا و سایر ترکیبات در برخی مطالعات به‌عنـوان یـک پتانسـیل امیدوارکننـده برای صنایع غذایی نشـــان داده شده است. به‌عنوان مثال، ترکیب ژل صبر زرد آلوئه ورا و کیتـوزان باعـث افزایش ماندگاری گوجه فرنگی تا ٤٢ روز شد. مطالعه دیگری نشان داد که ترکیب ژل صبر زرد آلوئـه ورا و اسید فرولیک واکنش قهوه‌ای شـدن سـیب‌هـای تـازه بریده شده را به تـاخیر انـداخت و جمعیـت لیسـتریا مونوسـیتوژنز را کـاهش داد(Khatri et al., 2020; Nicolau-Lapeña et al., 2021).

بیوسنتز نانو ذرات با صبر زرد آلوئه ورا: در حال حاضر، صبر زرد آلوئه ورا برای ساخت نانوذرات سبز استفاده می‌شود که می تواند به طور بالقوه برای مبارزه با انواع مختلف بیماری‌ها مورد استفـــــاده قرار گیرد (Nagaraj et al., 2021). چندین مرحله برای بیوسنتز نانو ذرات از گیاه صبر زرد آلوئـه ورا وجـود داشـت. اساسـاً، ایـن روش شـامل مرحلـه پـیش تصـفیه، بیـوسنتـز و تعیـین خصوصـیات نـانوذرات اسـت. پـیش‌سـاز دخیـل بـود و عصـاره گیـاه بـه عنـوان عـــامـــل کاهنده در تولید نانوذرات مورد نظر عمل کـرد. در ایـن قسـمت از بررسـی، مـا چنـد تکنیـک نانوذرات بیوسنتز شده از گیـاه صـبر زرد آلوئـه ورا و خصوصیات آنها را مورد بحث قرار دادیم.

اکسـید روی: مطالعـه فشـرده ای توسـط گونـالان و همکـاران[1] (Sangeetha et al., 2011)، بـرای تولیـد نانوذرات اکسید روی با اسـتفاده از عصـاره صـبر زرد آلوئه ورا به عنوان عامل کاهنده انجام شد. دو فرآینـد مختلف برای به دست آوردن عصاره با عملیات گـرم (جوش) و سرد وجود داشـت. غلظـت‌هـای مختلـف عصاره صبر زرد آلوئه ورا با پـیش‌سـاز نیتـرات روی

1.Gunaldan et al. (2011)

واکنش داده و در دمای ۱۵۰ درجه سلسیوس به مدت ۵ تا ٦ ساعت تحت هم‌زدن شدید نگهداری شد. مخلوط در دمای اتاق سرد شد و مایع رویی دور ریخته شد. محصول جامد سفید کم رنگ به‌دست‌آمده پس از شستشو دو بار با سرعت ٤٥٠٠ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شد و در دمای ۸۰ درجه سلسیوس به مدت ۷ تا ۸ ساعت خشک شد. از نظر فعالیت ضد میکروبی، مهار رشد در نانوذرات اکسید روی بیوسنتز شده در مقایسه با نانوذرات اکسید روی شیمیایی در برابر سویه های باکتریایی (استافیلوکوکوس اورئوس و سیتروباکتر فروندی) و سویه‌های قارچی (آسپرژیلوس نیدولانس وتری‌کوزیلوس) بیشتر بود. این خاصیت ضد باکتریایی که متعلق به صبر زرد آلوئه ورا بود بر ذرات سنتز شده در این کار تأثیر گذاشت.

اکسید مس: بیوسنتز اکسید مس توسط گونالان و همکاران[1] (Gunalan et al., 2012)، با استفاده از سولفات مس به عنوان پیش ساز انجام شده است. غلظت‌های مختلف عصاره صبر زرد آلوئه ورا با آب مقطر رقیق شد و با پیش ساز سولفات مس واکنش داد. نانوذرات تولید شده دارای اندازه‌های متوسط بین ۱۵ تا ۳۰ نانومتر هستند. تصویر نانو ذره به وضوح توسط تجزیه و تحلیل SEM و TEM با پراکندگی خوب و توزیع شکل کروی نشان داده شد. می‌توان نتیجه گرفت که شکل نانوذرات با افزایش غلظت عصاره آلوئه ورا تغییر نکرده است، بلکه باعث افزایش اندازه نانوذرات می‌شود.

نقره: یوواسری و همکاران[2] (Yuvasree et al., 2013)، نانوذرات نقره را با کمک نیترات نقره به عنوان پیش ساز سنتز کردند. در این روش، حرارت در فرآیند بیوسنتز دخالت نداشت و واکنش به مدت ٢٤ ساعت در اتاق تاریک انجام شد. رنگ مخلوط از قهوه‌ای کم رنگ تا قهوه‌ای مایل به زرد مشاهده شد که نشان دهنده تشکیل نانوذرات نقره است. محلول سانتریفیوژ شد و مایع رویی جمع آوری و برای شناسایی بیشتر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نانوذرات نقره بیوسنتز شده در برابر اشریشیا کلی، سودوموناس و گونه‌های باسیلوس آزمایش شدند. مناطق ۱۱ میلی متری و ۱۰ میلی متری برای گونه‌های اشریشیا کلی و باسیلوس به ترتیب مشاهده شد. برای گونه سودوموناس ۸ میلی متر منطقه بازداری بود. وجود خواص ضد میکروبی با ظهور مناطق بازدارنده ثابت شده است.

طلا: خواص منحصر به فرد طلا مانند بی اثری شیمیایی و مقاومت در برابر اکسیداسیون سطحی، طلا را به عنوان ماده انتخابی در فناوری‌ها و کاربردهای نانو تبدیل می‌کند(Patra et al., 2016). نانوذرات طلا و نقره توسط چاندران و همکاران[3] (Chandran et al., 2006)، به ترتیب با استفاده از اسید تتراکلراوریک و نیترات نقره به عنوان پیش ساز سنتز شدند. عصاره صبر زرد آلوئه ورا با جوشاندن برگ‌های صبر زرد آلوئه ورا تهیه شد. هر دو نانوذرات طلا و نقره با ۲ میلی لیتر عصاره صبر زرد آلوئه ورا و ۰۰۱/. مولار پیش ساز واکنش دادند. این سنتز با موفقیت انجام شد و مشخص شد که اندازه نانو مثلث های طلا با دستکاری مقدار عصاره صبر زرد آلوئه ورا از ۵۰ تا ۳۵۰ نانومتر تغییر می کند. افزایش اندازه نانوذرات با غلظت عصاره صبر زرد آلوئه ورا مطابقت دارد و اعتقاد بر این است که ترکیبات کربونیل موجود در عصاره صبر زرد آلوئه ورا مسئول تشکیل نانوذرات طلای تک کریستالی هستند.

دی اکسید تیتانیوم: دی اکسید تیتانیوم به دلیل خواص منحصر به فرد خود به طور گسترده‌ای در

1.Gunaldan et al. (2012)
2.Yuvasree et al. (2013)

1. Chandran et al (2006)

رنگ‌ها، جوهر چاپ، لاستیک، کاغذ، لوازم آرایشی، ضد آفتاب، مواد خودرو، محصولات هوای پاک کننده، فرآیندهای فوتوکاتالیستی صنعتی و تجزیه مواد آلی در پساب استفاده می‌شود (Vijayaraghavan & Ashokkumar, 2017). دی اکسید تیتانیوم همچنین به عنوان فوتوکاتالیست شناخته می‌شود که در آن انرژی شکاف نواری تقریباً مشابهی با اکسید روی ۳/۲ الکترون ولت دارد و فقط ناحیه فرابنفش (طول موج کمتر از ۳۹۰ نانومتر را به دلیل شکاف باند وسیع جذب می‌کند (Vargas Hernández et al., 2017). نیتیا و همکاران[1] (Nithya et al., 2013)، نانوذرات دی اکسید تیتانیوم را با استفاده از عصاره صبر زرد آلوئه ورا و اسید متاتیتانیک به عنوان پیش ساز تولید کردند. ژل صبر زرد آلوئه ورا به‌مدت ۱۰ دقیقه جوشانده شد و سپس ژل صاف شده برای آزمایش بیشتر نگهداری شد. ۱۰۰ میلی‌لیتر ۰/۰۰۵ مولار $TiO(OH)_2$ به ۲۰ میلی‌لیتر از عصاره اضافه شد و به مدت ۲٤ ساعت هم زده شد. رسوب تشکیل شده با تغییر رنگ به سبز روشن تایید شد. رسوب به دست آمده در آون با دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس به‌مدت ۱ ساعت خشک شد. در طی خشک شدن، تبدیل کامل $TiO(OH)_2$ به TiO_2 صورت گرفت.

اکسید سریم: علاوه بر اکسید روی، نقره، طلا و دی اکسید تیتانیوم، اکسید سریم نیز می‌تواند با استفاده از عصاره صبر زرد آلوئه ورا به عنوان عامل کاهنده سنتز شود. اکسید سریم در صنایع زیست پزشکی، به طور گسترده در کاربردهای صنعتی و محصولات تجاری استفاده می‌شود. نانوذرات اکسید سریم همچنین توانایی جذب پرتوهای فرابنفش را دارند و اغلب به عنوان جایگزین برای اکسید روی و نانوذرات اکسید تیتانیوم در لوازم آرایشی استفاده می‌شود. پریا و همکاران[2] (Priya et al., 2014)، سنتز اکسید سریم را با استفاده از هگزا هیدرات نیترات سریم (III) به‌عنوان پیش ساز مورد مطالعه قرار دادند. ٤٠ میلی‌لیتر آب مقطر به هگزا هیدرات نیترات سریم (III) ۰/۱ مولار اضافه شد و تا زمان همگن شدن همزده شد. ۱۰ میلی‌لیتر عصاره صبر زرد آلوئه ورا به مخلوط اضافه شد و به مدت ۳۰ دقیقه هم زده شد. محلول روی هیتر در دمای ۸۰ درجه سلسیوس حرارت داده شد تا مایع رویی تبخیر شود. محصول بدست آمده، پودر ریز خرد شده و در دمای ٦۰۰ درجه سلسیوس به مدت ۲ ساعت کلسینه شد.

رهاسازی نانو ذرات حاوی سنتز سبز با گیاه

صبر زرد آلوئه‌ورا: غلظت عصاره صبر زرد آلوئه ورا یک عامل کلیدی در اندازه و زیست فعالی نانو ذرات است. علاوه بر این، سنتز سبز نانوذرات با گیاه صبر زرد آلوئه ورا باعث افزایش زیست سازگاری آن می‌شود (Ahmed et al., 2023; Mohammad Heydari et al., 2023). در سال‌های اخیر، تولید پساب‌های حاوی ترکیبات نانو ذرات دارویی و مراقبت‌های شخصی و ورود این ترکیبات به طبیعت، یکی از تهدیدات عمده محیط زیست و سلامت انسان به شمار می‌رود (Raygan Shirazi Nejad et al., 2022). تصفیه پساب آلوده به نانو ذرات یک مسئله اساسی است و باید گزینه‌های بسیار کارآمدی برای از بین بردن این ترکیبات از فاضلاب در نظر گرفته شود (Tavasol et al., 2021). فرآیند جذب که نمونه‌ای از آن‌ها زئولیت‌ها است که به دلیل منافذ ساختاری منحصر به فرد، و به دلیل قابلیت جذب عالی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و یک روش بسیار موفق برای تجزیه و از بین بردن نانو ذرات رها شده

1.Nithya et al (2013)

2.Priya et al (2014)

در پساب‌ها هستند (Farhadi et al., 2020, 2021; M. Heydari et al., 2023a, 2023b).

نتیجه‌گیری

گیاه صبر زرد آلوئه ورا از زمان‌های قدیم به عنوان گونه‌ای با کاربردهای متنوع در زمینه‌های دارویی شناخته شده است و با پیشرفت تحقیقات علمی، پتانسیل‌های کاربرد این گیاه به عنوان یک ماده فعال در مواد غذایی کاربردی، پوشش‌های خوراکی، آرایشی و بهداشتی و فرآورده‌های دارویی نشان داده شده است. این گیاه در سراسر جهان گسترده است، نیاز به مدیریت اولیه زراعی دارد و می‌تواند از طریق فرآیندهای کشاورزی و صنعتی تبدیل شود تا ارزش افزوده زیادی به محصول نهایی بدهد. بسته به کاربرد نهایی صبر زرد آلوئه ورا، برگ‌های آن را می‌توان با فیله کردن مکانیکی، فرآوری کامل برگ یا فیله‌شده دستی برای تولید ژل تهیه کرد. علاقه روزافزون به این گیاه در افزایش اختراعات ثبت شده برای حمایت از توسعه فناوری، مطابقت با تقاضای مصرف کنندگان برای یک سبک زندگی سالم منعکس شده است. علاوه بر این، غذای غنی شده با صبر زرد آلوئه ورا ممکن است برای صنایع غذایی مفید باشد زیرا کیفیت غذایی و حسی محصول غذایی و همچنین فراهمی زیستی ترکیبات فعال زیستی را بهبود می‌بخشد. همچنین، مزایای گیاه صبر زرد آلوئه ورا را که حاوی ترکیبات فعالی است، به آن اجازه می دهد به عنوان عامل کاهنده عمل کند و نانوذرات بیوسنتز شده تولید کند. انواع مختلفی از نانوذرات را از گیاه صبر زرد آلوئه ورا می‌توان بیوسنتز کرد. خواص ضد میکروبی افزایش یافته نانوذرات سنتز شده با گیاه صبر زرد آلوئه ورا در مقایسه مواد شیمیایی نشان دادند. به طور کلی، اندازه نانوذرات با دستکاری غلظت عصاره صبر زرد آلوئه ورا و دمای مورد استفاده در فرآیند بیوسنتز تغییر می‌کند.

سپاسگزاری

این مقاله از پایان‌نامه مقطع دکتری در دانشگاه آزاد اسلامی واحد بوشهر-ایران، استخراج شده است. نویسندگان مقاله از جناب آقای دکتر سید احمد عطاران، به جهت مساعدت فراوان ایشان در انجام این تحقیق قدردانی و تشکر می‌نمایند.

References

Ahlawat, K.S., & Khatkar, B.S. 2011. Processing, food applications and safety of *Aloe vera* products: a review. Journal of Food Science and Technology, *48*(5), 525-533 .

Ahmed, M., & Hussain, F. 2013. Chemical composition and biochemical activity of *Aloe vera* (*Aloe barbadensis* Miller) leaves. International Journal of chemical and biochemical sciences, *3*(5), 29-33 .

Ahmed, N. K., Abbady, A., Elhassan, Y. A., & Said, A. H. 2023. Green Synthesized Titanium Dioxide Nanoparticle from *Aloe vera* Extract as a Promising Candidate for Radiosensitization Applications. BioNanoScience .

Alvarado-Morales, G., Minjares-Fuentes, R., Contreras-Esquivel, J. C., Montañez, J., Meza-Velázquez, J. A., & Femenia, A. 2019. Application of thermosonication for *Aloe vera* (*Aloe barbadensis* Miller) juice processing: Impact on the functional properties and the main bioactive polysaccharides. Ultrasonics Sonochemistry, *56*, 125-133 .

Añibarro-Ortega, M., Pinela, J., Barros, L., Ćirić, A., Silva, S. P., Coelho, E., Mocan, A., Calhelha, R .C., Soković, M., & Coimbra, M. A. 2019. Compositional features and bioactive properties of *Aloe vera* leaf (fillet, mucilage, and rind) and flower. *Antioxidants*, *8*(10), 444 .

Antignac, E., Nohynek, G. J., Re, T., Clouzeau, J., & Toutain, H. 2011. Safety of botanical ingredients in personal care products/cosmetics. Food and Chemical Toxicology, *49*(2), 324-341 .

Baldi, A., Sommella, E., Campiglia, P., & Daglia, M. 2021. Aloe gel-base food products: Chemical, toxicological, and regulatory aspects. Regulatory Toxicology and Pharmacology, *119*, 104818 .

Baruah, A., Bordoloi, M., & Deka Baruah, H. P. 2016. *Aloe vera*: A multipurpose industrial crop. Industrial Crops and Products, *94*, 951-963 .

Basannavar, S., Pothuraju, R., & Sharma, R. K. 2014. Effect of *Aloe vera* (*Aloe barbadensis* Miller) on survivability, extent of proteolysis and ACE inhibition of potential probiotic cultures in fermented milk. Journal of the Science of Food and Agriculture, *94*(13), 2712-2717 .

Borges-Argáez, R., Chan-Balan, R., Cetina-Montejo, L., Ayora-Talavera, G., Sansores-Peraza, P., Gómez-Carballo, J., & Cáceres-Farfán, M. 2019. In vitro evaluation of anthraquinones from *Aloe vera* (*Aloe barbadensis* Miller) roots and several derivatives against strains of influenza virus. Industrial Crops and Products, *132*, 468-475 .

Bozzi, A., Perrin, C., Austin, S., & Arce Vera, F. 2007. Quality and authenticity of commercial aloe vera gel powders. Food Chemistry, *103*(1), 22-30 .

Canche-Escamilla, G., Colli-Acevedo, P., Borges-Argaez, R., Quintana-Owen, P., May-Crespo, J. F., Cáceres-Farfan, M., Yam Puc, J. A., Sansores-Peraza, P., & Vera-Ku, B. M. 2019. Extraction of phenolic components from an *Aloe vera* (*Aloe barbadensis* Miller) crop and their potential as antimicrobials and textile dyes. Sustainable Chemistry and Pharmacy, *14*, 100168 .

Castillo, S., Navarro, D., Zapata, P. J., Guillén, F., Valero, D., Serrano, M., & Martínez-Romero, D. 2010. Antifungal efficacy of *Aloe vera* in vitro and its use as a preharvest treatment to maintain postharvest table grape quality. Postharvest Biology and Technology, *57*(3), 183-188 .

Cavasana, A. L., Santos, C. H. M. d., Dourado, D. M., Guimarães, F. d. S., Barros, F. H. R., de Campos, G. C. O., Leme, G. A. L., Silva, L. D. M. d., Wahl, L. M., & Gutterres, N. B. d .A. 2020. Eficácia do extrato de *Aloe vera* no tratamento da fístula anal. Journal of Coloproctology (Rio de Janeiro), *40*(1), 67-72 .

Chandran, S. P., Chaudhary, M., Pasricha, R., Ahmad, A., & Sastry, M. 2006. Synthesis of gold nanotriangles and silver nanoparticles using *Aloe vera* plant extract. Biotechnology progress, *22*(2), 577-583 .

Dammak, I., Lasram, S., Hamdi, Z., Ben Moussa, O., Mkadmini Hammi, K., Trigui, I., Houissa, H., Mliki, A., & Hassouna, M. 2018. In vitro antifungal and anti-ochratoxigenic activities of *Aloe vera* gel against Aspergillus carbonarius isolated from grapes. Industrial Crops and Products, *123*, 416-423 .

Das, K., Krishna, P., Sarkar, A., Ilangovan, S. S., & Sen, S. 2017. A review on pharmacological properties of *Solanum tuberosum* .Research Journal of Pharmacy and Technology, *10*(5), 1517-1522 .

de Rodriguez, D. J., Angulo-Sanchez, J. L., da Silva, J. A. T., & Aguilar-Gonzalez, C. N. 2006. Review of Aloe species' medicinal properties and bioactive compounds. Floriculture, ornamental and plant biotechnology, 460-471 .

Denius Jr, H. R., & Homann, P. H. 1972. The relation between photosynthesis, respiration, and Crassulacean acid metabolism in leaf slices of *Aloe arborescens* Mill. Plant Physiology, *49*(6), 873-880 .

Domínguez-Fernández ,R., Arzate-Vazquez, I., Chanona-Perez, J. J., Welti-Chanes, J., Alvarado-González, J., Calderon-Dominguez, G., Garibay-Febles, V., & Gutierrez-Lopez, G. F. 2012. El gel de Aloe vera: estructura, composición química, procesamiento, actividad

biológica e importancia en la industria farmacéutica y alimentaria. Revista mexicana de ingeniería química, *11*(1), 23-43 .

El-Sayed, S. M., & El-Sayed, H. S. 2020. Production of UF-soft cheese using probiotic bacteria and *Aloe vera* pulp as a good source of nutrients. Annals of Agricultural Sciences, *65*(1), 13-20 .

Eshun, K., & He, Q. 2004. *Aloe vera*: a valuable ingredient for the food, pharmaceutical and cosmetic industries—a review. Critical reviews in food science and nutrition, *44*(2), 91-96 .

Farhadi, N., Tabatabaie ,T., Ramavandi, B., & Amiri, F. 2020. Optimization and characterization of zeolite-titanate for ibuprofen elimination by sonication/hydrogen peroxide/ultraviolet activity. Ultrasonics Sonochemistry, *67*, 105122 .

Farhadi, N., Tabatabaie, T., Ramavandi, B & ,.Amiri, F. 2021. Ibuprofen elimination from water and wastewater using sonication/ultraviolet/hydrogen peroxide/zeolite-titanate photocatalyst system. Environmental Research, *198*, 111260 .

Femenia, A., Sánchez, E. S., Simal, S., & Rosselló, C. 1999. Compositional features of polysaccharides from *Aloe vera* (*Aloe barbadensis* Miller) plant tissues. Carbohydrate Polymers, *39*(2), 109-117 .

Flores-López, M. L., Romaní, A., Cerqueira, M. A., Rodríguez-García, R., Jasso de Rodríguez, D., & Vicente, A. A. 2016 .Compositional features and bioactive properties of whole fraction from *Aloe vera* processing. Industrial Crops and Products, *91*, 179-185 .

Flórez Martínez, D. H. 2018. Estudio de inteligencia competitiva para la cadena productiva de la sábila .

Gao, Y., Kuok, K. I., Jin, Y., & Wang, R. 2019. Biomedical applications of *Aloe vera*. Critical reviews in food science and nutrition, *59*(sup1), S244-S256 .

Ghani, U., Naeem, M., Rafeeq, H., Imtiaz, U., Amjad, A., Ullah, S., Rehman, A., & Qasim, F. 2019. A novel approach towards nutraceuticals and biomedical applications. Sch Int. J. Biochem, *2*, 245-252 .

Guerrero-Beltr· n, J., & Barbosa-C· novas, G. 2004. Advantages and limitations on processing foods by UV light. Food science and technology international, 10(3), 1.37-147.

Gunalan, S., Sivaraj, R., & Rajendran, V. 2012. Green synthesized ZnO nanoparticles against bacterial and fungal pathogens. Progress in Natural Science: Materials International, 22(6), 693-700 .

Hamman, J. 2008. Composition and applications of Ocimum gratissimum leaf. Molecules, 13(8), 1599-1616 .

Heydari, M., Tabatabaie, T., Amiri, F., & Hashemi, S. E. 2023a. BTEXS Removal From Aqueous Phase by MCM-41 Green Synthesis Using Rice Husk Silica. Iranica Journal of Energy & Environment, *14*(4), 321-335 .

Heydari, M., Tabatabaie, T., Amiri, F., & Hashemi, S. E. 2023b. Comparative study of green synthesis of nanoparticles for removal of oily industrial wastewater by Taguchi method. International Journal of Environmental Science and Technology .

Heydari ,M., Tabatabaie, T., Amiri, F., & Hashemi, S. E. 2023. Investigating photocatalytic removal of BTEXS in aqueous solution using a green synthesis of ALV-TiO_2/Co-MCM-41 nanocomposite under visible light. Biomass Conversion and Biorefinery .

Huang, C.-T., Hung, C.-Y., Hseih, Y.-C., Chang, C.-S., Velu, A. B., He, Y.-C., Huang, Y.-L., Chen, T.-A., Chen, T.-C., Lin, C.-Y., Lin, Y.-C., Shih, S.-R., & Dutta, A. 2019. Effect of aloin on viral neuraminidase and hemagglutinin-specific T cell immunity in acute influenza. Phytomedicine, *64*, 152904 .

Hussain, S. A., Patil, G. R., Reddi, S., Yadav, V., Pothuraju, R., Singh, R. R. B., & Kapila, S. 2017. *Aloe vera* (*Aloe barbadensis* Miller) supplemented probiotic lassi prevents Shigella infiltration from epithelial barrier into systemic blood flow in mice model. Microbial Pathogenesis, *102*, 143-147 .

Javed, S., & Atta ur, R. (2014). Chapter 9 - *Aloe vera* Gel in Food, Health Products, and Cosmetics Industry. In R. Atta ur (Ed.), Studies in Natural Products Chemistry. 41 ,261-285).

Khatri, D., Panigrahi, J., Prajapati, A., & Bariya, H. 2020. Attributes of *Aloe vera* gel and chitosan treatments on the quality and biochemical traits of post-harvest tomatoes. Scientia Horticulturae, *259*, 108837 .

Kluge, M., Knapp, I., Kramer, D., Schwerdtner, I., & Ritter, H. 1979. Crassulacean acid metabolism (CAM) in leaves of *Aloe arborescens* Mill. Planta, *145*(4), 357-363 .

Liontakis, A., Sintori, A., & Tzouramani, I. 2021. The Role of the Start-Up Aid for Young Farmers in the Adoption of Innovative Agricultural Activities: The Case of *Aloe vera*. Agriculture, *11*(4), 349 .

López-Cervantes, J., Sánchez-Machado, D. I., Cruz-Flores, P., Mariscal-Domínguez, M. F ,. Servín de la Mora-López, G., & Campas-Baypoli, O. N. 2018. Antioxidant capacity, proximate composition, and lipid constituents of Aloe vera flowers. Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants, 10, 93-98 .

López-Cervantes, J., Sendón, R ,.Sanches-Silva, A., & Sánchez-Machado, D. 2017. *Aloe vera*: Ancient knowledge with new frontiers. Trends Food Sci. Technol, 61, 94-102 .

Maan, A. A., Nazir, A., Khan, M. K. I., Ahmad, T., Zia, R., Murid, M., & Abrar, M. 2018. The therapeutic properties and applications of *Aloe vera*: A review. Journal of Herbal Medicine, 12, 1-10 .

Majumder, R., Das, C. K., & Mandal, M. 2019. Lead bioactive compounds of *Aloe vera* as potential anticancer agent. Pharmacological Research, 148, 104416 .

Manvitha, K., & Bidya ,B. 2014. Aloe vera: a wonder plant its history, cultivation and medicinal uses. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 2(5), 85-88 .

Maret, R. H. (1975). Process for preparing extracts of Aloe vera. In: Google Patents.

Martínez-Burgos, W. J., Serra ,J. L., MarsigliaF, R. M., Montoya, P., Sarmiento-Vásquez, Z., Marin, O., Gallego-Cartagena, E., & Paternina-Arboleda, C. D. 2022. *Aloe vera*: From ancient knowledge to the patent and innovation landscape – A review. South African Journal of Botany, 147.993-1006.

Martínez, E., Criollo, J., Calderón, C., & Torres, R. 2017. Pruebas de cocción de pastas alimenticias elaboradas con harina de trigo-almidón de banano. Cumbres, 4(1), 9-16 .

Maughan, R. G. (1984). Controlled temperature process for manufacturing of improved stabilized aloe vera. In: Google Patents.

Mukherjee, P. K., Nema, N. K., Maity, N., Mukherjee, K., & Harwansh, R. K. 2014. Phytochemical and therapeutic profile of *Aloe vera*. Journal of Natural Remedies, 1-26 .

Nagaraj, G., Brundha, D., Kowsalya, V., Chandraleka, C., Sangavi, S., Jayalakshmi, R., Arulpriya, M., Sathya, N., Prasath, M., & Tamilarasu, S. 2021. Biosynthesis of zinc doped *Aloe vera* for green nanoparticles. Materials Today: Proceedings, 43, 3354-3358 .

Nicolau-Lapeña, I., Aguiló-Aguayo, I., Kramer, B., Abadias, M., Viñas, I., & Muranyi, P. 2021. Combination of ferulic acid with Aloe vera gel or alginate coatings for shelf-life prolongation of fresh-cut apples. Food Packaging and Shelf Life, 27, 100620 .

Nithya, A., Rokesh, K & ,.Jothivenkatachalam, K. 2013. Biosynthesis, characterization and application of titanium dioxide nanoparticles. Nano vision, 3(3), 169-174 .

Ortega-Toro, R., Collazo-Bigliardi, S., Roselló, J., Santamarina, P., & Chiralt, A. 2017. Antifungal starch-based edible films containing *Aloe vera*. Food Hydrocolloids, 72, 1-10 .

Pandey, A., & Singh, S. 2016. Aloe Vera: A Systematic Review of its Industrial and Ethno-Medicinal Efficacy. International Journal of Pharmaceutical Research & Allied Sciences, 5.(1).

Patra ,J. K., Kwon, Y., & Baek, K.-H. 2016. Green biosynthesis of gold nanoparticles by onion peel extract: Synthesis, characterization and biological activities. Advanced Powder Technology, 27(5), 2204-2213 .

Priya, G. S., Kanneganti, A., Kumar, K. A., Rao, K .V., & Bykkam, S. 2014. Biosynthesis of Cerium oxide nanoparticles using *Aloe barbadensis* miller gel. Int J Sci Res Publ, 4(6), 199-224 .

Raygan Shirazi Nejad, A. R., Jorfi, S., Tabatabaei, T., & Amiri, F. 2022. Photocatalytic Degradation of Gentamicin Antibiotics Using Fe3O4 / SiO2 / TiO2 Nanocomposites Synthesized in Aqueous Solutions in the Presence of Sunlight .yums-armaghan, 27(3), 349-364 .

Reynolds, T., & Dweck, A. C. 1999. *Aloe vera* leaf gel: a review update. Journal of Ethnopharmacology, 68(1), 3-37 .

Rodríguez-Rodríguez, M. Z., Meléndez-Pizarro, C. O., Espinoza-Hicks, J. C., Quintero-Ramos, A., Sánchez-Madrigal ,M. Á., Meza-Velázquez, J. A., & Jiménez-Castro, J. A. 2019. Effects of UV-C irradiation and traditional thermal processing on acemannan contained in *Aloe vera* gel blends. Carbohydrate Polymers, *222*, 114998 .

Ronald, M., Shelton, M., & Usaf, M. 1991. *Aloe vera*: its chemical and therapeutic properties. Int J dermatol, *30*(10), 679-673.

Rumpf, H. 1990. The characteristics of systems and their changes of state disperse. Particle Technology, Chapman and Hall; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 8-54.

Sahu ,P. K., Giri, D. D., Singh, R., Pandey, P., Gupta, S., Shrivastava, A. K., Kumar, A., & Pandey, K. D. 2013. Therapeutic and medicinal uses of Aloe vera: a review. Pharmacology & Pharmacy, 4(08), 599.

Sangeetha, G., Rajeshwari, S., & Venckatesh, R. 2011 .Green synthesis of zinc oxide nanoparticles by *Aloe barbadensis* miller leaf extract: Structure and optical properties. Materials Research Bulletin, *46*(12), 2560-2566.

Scala, K. D., Vega-Gálvez, A., Ah-Hen, K., Nuñez-Mancilla, Y., Tabilo-Munizaga, G., Pérez-Won, M., & Giovagnoli, C. 2013. Chemical and physical properties of Aloe vera (Aloe barbadensis Miller) gel stored after high hydrostatic pressure processing. Food Science and Technology, 33, 52-59.

Steenkamp, E. 2015. A profile on the aloe industry for export-A focus on South Africa. Directorate International Trade, Department of Agriculture. Forestry and Fisheries, Pretoria.

Steenkamp, V., & Stewart, M. 2007. Medicinal applications and toxicological activities of Aloe. Products. Pharmaceutical biology, 45(5), 411-420.

Tavasol, F., Tabatabaie, T., Ramavandi, B., & Amiri, F. 2021. Photocatalyst production from wasted sediment and quality improvement with titanium dioxide to remove cephalexin in the presence of hydrogen peroxide and ultrasonic waves :A cost-effective technique. Chemosphere, 284, 131337.

Teplicki, E., Ma, Q., Castillo, D. E., Zarei, M., Hustad, A. P., Chen, J., & Li, J. 2018. The effects of *Aloe vera* on wound healing in cell proliferation, migration, and viability. Wounds: a compendium of clinical research and practice, 30(9), 263-268.

Vandenberghe, L. d. S., Pandey, A., Carvalho, J. d., Letti, L., Woiciechowski, A., Karp, S., Thomaz-Soccol, V., Martínez-Burgos, W., Penha, R. d. O., & Herrmann, L. 2020. Solid-state fermentation tech-nology and innovation for the production of agricultural and animal feed bioprod-ucts. Syst. Microbiol. Biomanufact. 1, 142–165. In.

Vargas Hernández, J., Coste, S., García Murillo, A., Carrillo Romo, F., & Kassiba, A. 2017. Effects of metal doping (Cu ,Ag, Eu) on the electronic and optical behavior of nanostructured TiO_2. Journal of Alloys and Compounds, 710, 355-363.

Vega-Gálvez, A., Uribe, E., Perez, M., Tabilo-Munizaga, G., Vergara, J., Garcia-Segovia, P., Lara, E., & Di Scala, K. 2011. Effect of high hydrostatic pressure pretreatment on drying

kinetics, antioxidant activity, firmness and microstructure of *Aloe vera* (*Aloe barbadensis* Miller) gel. LWT - Food Science and Technology, 44(2), 384-391.

Vega, A., Ampuero, N., Díaz, L., & Lemus, R. 2005 .El *Aloe vera* (*Aloe barbadensis* Miller) como componente de alimentos funcionales. Revista chilena de nutrición, 32(3), 208-214 .

Vickers, N. J. 2017. Animal Communication: When I'm Calling You, Will You Answer Too? Current Biology, 27(14), R713-R715.

Vijayaraghavan, K., & Ashokkumar, T. 2017. Plant-mediated biosynthesis of metallic nanoparticles: A review of literature, factors affecting synthesis, characterization techniques and applications. Journal of Environmental Chemical Engineering, 5(5), 4866-488.

Vinson, J. A., Al Kharrat, H., & Andreoli, L. 2005. Effect of Aloe vera preparations on the human bioavailability of vitamins C and E. Phytomedicine, 12(10), 760-765.

Yuvasree, P., Nithya, K., & Neelakandeswari, N. (2013, 24-26 July 2013). Biosynthesis of silver nanoparticles from *Aloe vera* plant extract and its antimicrobial activity against multidrug resistant pathogens. International Conference on Advanced Nanomaterials & Emerging Engineering Technologies.

Zapata, P.J., Navarro, D., Guillén, F., Castillo, S., Martínez-Romero, D., Valero, D., & Serrano, M. 2013. Characterisation of gels from different Aloe spp. as antifungal treatment: Potential crops for industrial applications. Industrial Crops and Products, 42, 223-230.