پژوهش و فناوری محیط زیست، ۱۳۹۹ ۵(۷)، ۹۱-۹۹

پژوهش و فناوری محیط زیست

وبگاه نشریه: www.journal.eri.acecr.ir

پژوهشکده محیط زیست

شاپا الکترونیکی: ۲۶۷۶-۳۰۶۰

بازیافت آب پنیر، رهیافت مناسب جلوگیری از آسیب‌های محیط زیستی

زهرا کتبه ئی مرادی[۱]، مریم حقیقی خمامی[۲*]، حامد کیومرثی[۳]، هوشنگ دهقان زاده[۴]، سعید تمدنی جهرمی[۵]

۱- کارشناسی ارشد مهندسی علوم و صنایع غذایی، مدیر کنترل کیفیت، شرکت فراورده های لبنی شیرین چشمه گیلان، رشت، ایران

۲- عضو هیات علمی گروه پژوهشی محیط زیست طبیعی، پژوهشکده محیط زیست جهاد دانشگاهی، رشت، ایران

۳- کارشناس پژوهشی بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

۴- استادیار بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

۵- استادیار پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی، بندر عباس، ایران

چکیده

امروزه با افزایش تولید و گسترش تنوع تولیدات لبنی در کارخانه‌ها و تولید آب‌پنیر، این فرآورده غذایی از اهمیت بالایی برخوردار شده است. آب‌پنیر بخش آبکی جداشده از شیر است که طی مراحل افزودن اسید، حرارت دادن و انعقاد مایه‌پنیر حاصل می‌شود. این مایع زردرنگ حاوی لاکتوز فراوان و ترکیبات معدنی نظیر کلسیم و فسفر است و با توجه به ارزش بیولوژیکی بالای پروتئین این فرآورده جانبی صنعت پنیرسازی نسبت به پروتئین کازئین و تخم‌مرغ، استفاده از آن را به‌عنوان یک منبع غذایی جهت جلوگیری از آلودگی‌های محیط‌زیست حائز اهمیت می‌باشد. همچنین از آب پنیر فرآورده‌هایی نظیر کنسانتره پروتئینی (WPC)، مشتقات پروتئین‌های سرم (لاکتوپراکسیداز، لاکتوفرین)، پروتئین‌های کافتی (کنسانتره‌های پپتیدی) و املاح نظیر نمک‌های کلسیم به‌دست می‌آید. از آنجا که پساب‌های صنعت لبنیات دارای بالاترین میزان آلودگی از جمله مقدار زیادی مواد آلی، ماده ضدعفونی کننده قلیایی و مواد شیمیایی، کربن و نیتروژن هستند باعث افزایش غلظت آمونیوم در گستره‌های آبی شده و با توجه به غنی بودن این ماده از ترکیبات آلی، تقاضای اکسیژن زیستی (BOD) آب را بالا می‌برند، بنابراین در صورت تخلیه و رهاسازی پساب‌های تصفیه نشده این صنعت در طبیعت بروز مشکلات محیط‌زیستی جدی اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. از طرف دیگر، استفاده روزافزون از سوخت‌های فسیلی به سبب کاهش ذخایر موجود و مشکلات محیط‌زیستی، محققان را به سمت تولید منابع جدید انرژی‌های تجدیدپذیر ترغیب نموده است و می‌توان بیان کرد که فن‌آوری‌های زیستی جدید، همچون استفاده از آب‌پنیر به‌عنوان راهی به‌منظور تولید سوخت‌های زیستی، باعث کاهش مشکلات محیط‌زیستی دفع این پساب‌ها به طبیعت می‌گردد. امروزه با استفاده از فن‌آوری زیستی از این ترکیبات می‌توان به‌منظور تولید سوخت‌های زیستی ازجمله هیدروژن، متان و اتانول استفاده نمود. تاکنون روش‌ها و آزمون‌های مختلفی برای تولید این منابع سوختی صورت گرفته است که در این مطالعه به بررسی راهکارهای مؤثر به‌منظور بازیافت آب‌پنیر و جلوگیری از آسیب‌های محیط‌زیستی آن پرداخته می‌شود.

کلید واژه‌ها: آب پنیر، پساب، بازیافت، سوخت فسیلی، آلودگی‌های محیط زیستی

[*] پست الکترونیکی نویسنده مسئول: maria_haghyghy@yahoo.com

Journal of Environmental Research and Technology, 5(7)2020. 91-99

Journal of Environmental Research and Technology

journal homepage: www.journal.eri.acecr.ir

Online ISSN: 3060-2676

Environmental Research institute

Cheese whey recycling, the right approach to prevent environmental damage

Zahra Katabehei Moradi[1], Maryam Haghighi Khomami[*2], Hamed Kioumarsi[3], Houshang Dehghanzadeh[4], Saeed Tamadoni Jahromi[5]

1- MSc in Food Science and Technology Engineering, quality control manager Guilan Shirin Cheshmeh dairy products company, Rasht, Iran
2- Faculty member of Natural Environment Research Group, Academic Center for Education Culture & Research (ACECR), Environmental Research Institute, Rasht, Iran.
3- Research Expert, Department of Animal Science Research, Gilan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Rasht, Iran
4- Assistant Professor, Department of Animal Science Research, Gilan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Rasht, Iran
5- Assistant Professor, Persian Gulf and Oman Sea Ecology Research Institute, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Abbas, Iran

Abstract

Today, with increasing in production and diversity expansion of dairy products in factories and production of whey products, this food product has become very important. Whey is a water-soluble part of milk that is obtained by adding acid, heating, and coagulating the cheese. This yellow liquid contains a lot of lactose and mineral compounds such as calcium and phosphorus, which is important to achieve in order to use as a food source and prevent environmental pollution. Since the wastewaters of the dairy industry have the highest levels of contamination, if the untreated wastewaters of this industry are discharged, serious environmental problems will be inevitable. On the other hand, a reduction in existing reserves and environmental problems followed by increasing use of fossil fuels has prompted researchers to produce new sources of renewable energy, and it can be said that new biological technologies, such as the use of whey as a way to produce biofuels, reduces the environmental problems of dischrging this kind of wastewaters into nature. Today, using biological technology, these compounds can be used to produce biofuels such as hydrogen, methane, and ethanol. So far, various methods and tests have been performed to produce these fuel sources and in this study, the effective strategies for recycling whey and preventing environmental damages are investigated.

Keywords: Whey, Wastewater, Recycling, Fossil fuels, Environmental pollutions

* Corresponding author E-mail address: maria_haghyghy@yahoo.com

مقدمه

کمیت و کیفیت پساب صنعت لبنی نسبت به سایر صنایع متفاوت است و از بین پساب فرآورده‌های این صنعت، بخش پنیرسازی به عنوان بزرگترین آلوده کننده محیط زیست شناخته شده است (کنجی[1] و همکاران، ۲۰۱۹). از آنجا که تصفیه این پساب‌ها به دلیل بار آلودگی بالا با مشکلاتی مواجه است، بنابراین تصفیه بیولوژیکی به منظور حذف این آلودگی‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است (علی[2] و همکاران، ۲۰۰۷). حجم و ویژگی‌های پساب‌های لبنی، به دلیل تنوع در شیوه‌های مورد استفاده و تولیدات این صنعت، کاملاً متغیر است. به‌طور کلی، آبی که برای شستشوی ظروف لبنیات در صنایع استفاده می‌شود حاوی مقدار زیادی مواد آلی، ماده ضدعفونی کننده قلیایی و مواد شیمیایی است که پس از تمیز کردن بطری‌ها و مخازن در محیط زیست رها می‌شوند و بار سنگینی را بر محیط زیست تحمیل می‌کنند. پساب‌های آب پنیر همچنین حاوی مقادیر زیادی کربن و نیتروژن هستند و از آن جایی که افزایش غلظت آمونیوم در گستره‌های آبی برای موجودات آبزی مضر است، لذا اقدام در جهت تصفیه این نوع از پساب‌ها امری حیاتی است. تقاضای اکسیژن زیستی (BOD[3]) شیر خالص در حدود ۱۰۰ هزار میلی‌گرم در لیتر است که سبب افت شدید اکسیژن محلول می‌شود (باِا[4] و همکاران، ۲۰۰۳). شستشوی روزانه دستگاه‌ها و سالن تولید از اصول مقدماتی پروسه تولید در صنعت لبنی است که این شستشو شامل آبکشی مقدماتی و کاربرد مواد ضدعفونی‌کننده می‌باشد. در پساب صنایع لبنی نیز آب پنیر تولید می‌شود که با توجه به غنی بودن این ماده از ترکیبات آلی، دارای BOD ۴۵-۳۵ هزار میلی‌گرم به ازای هر لیتر است (سوکناه[5] و ویکی[6]، ۲۰۰۴).

پروتئین‌های شیر عمدتاً به دو دسته کازئین و پروتئین‌های محلول در سرم تقسیم‌بندی می‌شوند. پروتئین‌های محلول در سرم شیر نسبت به کازئین دارای ترکیب و ساختار متفاوتی است که حدود ۲۵ درصد از کل پروتئین‌های موجود در شیر را تشکیل می‌دهند. ترکیبات عمده این بخش پروتئینی شامل ۱۲-۷ درصد بتالاکتوگلوبولین، ۵-۲ درصد آلفالاکتالبومین، ۴-۲ درصد پروتئوزپپتون، ۱/۳-۰/۷درصد آلبومین و ۳/۳-۱/۹ درصد ایمونوگلوبین و لاکتوفرین است (مرتضوی و همکاران، ۲۰۰۷). پروتئین‌های آب پنیر امروزه به منظور بهبود کیفیت فیزیکی و حسی فرآورده‌های غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در روش فناوری غشایی از آب پنیر ترکیبات غلیظ شده‌ای نظیر کنسانتره پروتئینی آب پنیر تولید می‌شود که کاربرد پروتئین‌های آب پنیر را در فرآورده‌های غذایی تسهیل می‌کند. این فرآورده جانبی زمانی که به رودخانه‌ها انتقال داده می‌شود با جذب اکسیژن محلول آب، حیات آبزیان را دچار اختلال می‌کند. امروزه تولید آب پنیر در صنایع لبنی، که روزانه معادل پساب یک شهر ۸۰ هزار نفری است، قادر است محیط زیست اطراف کارخانجات را آلوده کند.

در گذشته، پنیر در واحدهای کوچک و در مناطق روستایی تولید می‌شد و آب پنیر حاصله به مصرف تغذیه حیوانات می‌رسید یا جهت کود در مزارع استفاده می‌شد، اما در حال حاضر پنیر عمدتاً به صورت صنعتی در کارخانجات تولید می‌شود و روزانه حجم تولید بالایی را به خود اختصاص می‌دهد. تقاضای بیوشیمیایی اکسیژن یک لیتر آب پنیر معادل BOD آب فاضلابی است که توسط یک فرد در طی روز تولید می‌شود. از طرف دیگر آب پنیر ارزش غذایی بالایی دارد به گونه‌ای که ارزش بیولوژیکی پروتئین‌های آن بالاتر از پروتئین تخم‌مرغ است. بنابراین، بازیابی مواد جامد آن بهترین راه حل برای سودآوری کارخانجات و جلوگیری از آلودگی محیط زیست است (جولانتا[7] و همکاران، ۲۰۱۶). باقری پیره و احمدزاده قویدل (۱۳۹۵) سه روش هوازی، بی‌هوازی و تلفیقی را در تصفیه فاضلاب کارخانه‌های لبنی مورد بررسی و ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که به دلیل غلظت بالای آلودگی فاضلاب‌های لبنی، روش‌های هوازی و بی‌هوازی به تنهایی از قابلیت بالایی برخوردار نبوده و ترکیبی از روش‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی و به کارگیری فرایندهای چند مرحله‌ای برای رسیدن به استاندارد خروجی مناسب‌تر است. در بین روش‌های مختلف هوازی، روش بایوراکتور غشائی در حذف مواد آلی و حذف توأم مواد مغذی فاضلاب عملکرد مناسب‌تری داشته و در بین روش‌های بی‌هوازی، روش راکتور بی‌هوازی با بستر لجن و جریان رو به عملکرد بهتر و کاربرد بیشتری دارد. این پژوهشگران به این نتیجه رسیدند که سیستم‌های هوازی و بی‌هوازی، هریک به تنهایی برای تصفیه فاضلاب با بار آلی بالا مناسب نبوده و توجیه اقتصادی ندارند و در مقابل، روش ترکیبی برای محدوده وسیعی از بارهای آلی موفق عمل می‌کند.

از آن‌جا که عموماً ترکیبی از روش‌های فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی برای تصفیه پساب صنایع لبنی به کار می‌رود، می‌توان از طریق تبدیل لاکتوز به اسید لاکتیک و تشکیل اسید بوتیریک، مقدار pH پساب‌ها را به ۴/۵ کاهش داد (اومیل[8] و همکاران، ۲۰۰۳). در تصفیه پساب

[1] Kenji
[2] Ali
[3] Biochemical Oxygen Demand
[4] Bae
[5] Sooknah
[6] Wilkie
[7] Jolanta
[8] Omil

صنایع لبنی، افزودن سیلیکات آبدار سبب کاهش شدید اکسیژن موردنیاز شیمیایی (COD[۱]) و همچنین BOD می‌شود (گورتکین[۲] و همکاران، ۲۰۰۸). در سیستم لجن فعال، به منظور ته‌نشینی بهتر و سریع‌تر کل مواد جامد معلق[۳] (TSS) می‌توان از مقادیر بالای آهک استفاده کرد (پوربوداغ و فشمی هوپ[۴]، ۲۰۰۷). در سیستم راکتور ناپیوسته متوالی (SBR[۵]) با بارگذاری آلی و عملیات هوادهی عمل حذف حذف نیتروژن پساب‌ها با بازدهی ۹۱ درصد انجام می‌گیرد (ژان[۶] و همکاران، ۲۰۰۹) و در تصفیه پساب‌های شهری با COD، BOD و TSS به ترتیب ۵۹۵، ۳۷۹ و ۲۷ میلی‌گرم بر لیتر در سیکل جریان به مدت شش ساعت هوادهی به دست آمد. بنابراین با افزودن آهک در تصفیه پساب شهری می‌توان راندمان حذف COD را تا ۵۰ درصد افزایش داد (ال-گوهری[۷] و تاوفیک[۸]، ۲۰۰۹). امروزه صنعت تولید فراورده‌های لبنی از نظر کیفی و کمی بسیار توسعه یافته است، بنابراین ارتقاء کیفیت پساب‌های خروجی از صنایع لبنی و به کارگیری روش‌های کارا با سرعت عمل بالا می‌تواند سرعت تصفیه را افزایش دهد. در این مطالعه روش‌های بازیافت آب پنیر جهت جلوگیری از آسیب‌های محیط زیست و ارتقاء کیفیت پساب خروجی در صنایع مربوطه و ایجاد فرآیندهای سریع به منظور افزایش سرعت تصفیه و تأثیر آن بر کاهش روش هیدرولیکی در هر سیکل بررسی شده است.

کاربردهای آب پنیر

- **کاربردهای آب پنیر در صنایع غذایی**

در چند دهه اخیر، آب پنیر تولیدی در صنایع لبنی به عنوان یک معظل جدی برای صنایع لبنی شناخته شده بود؛ اما امروزه از آن به عنوان فراورده‌ای با ارزش غذایی بالا به منظور بهبود سلامت افراد و همچنین به عنوان ماده اولیه در صنایع غذایی استفاده می‌کنند (جولانتا و همکاران، ۲۰۱۶؛ علیمرادی و همکاران، ۲۰۱۶). استفاده از آب پنیر اثرات مثبتی روی سلامت مصرف‌کنندگان و کاهش هزینه‌های تولید فرآورده‌های لبنی دارد (جولانتا و همکاران، ۲۰۱۶). از جمله خواص کاربردی آب پنیر می‌توان به خاصیت کف کردن، خواص امولسیفایری و ویژگی تشکیل ترکیب ژلاتینی از آن اشاره کرد (فرهنودی، ۱۳۷۹). غلظت اسیدهای آمینه نظیر اسیدهای آمینه تریپتوفان، لوسین، ترئونین و لیزین در آب پنیر بیش از غلظت آن‌ها در ترکیب تخم‌مرغ است (ملایی پروری، ۱۳۹۱). پروتئین آب پنیر با دارا بودن میزان کافی لیزین می‌تواند یک مکمل برای پروتئین گیاهی به ویژه دانه غلات باشد (علیمرادی و همکاران، ۲۰۱۶). فقدان فنیل آلانین در ماکروپپتیدها در پروتئین‌های آب پنیر، آن را برای استفاده فنیل کتونوریست‌ها مناسب کرده است (چاندراجیت[۹] و کاروناسنا[۱۰]، ۲۰۱۸). عمده‌ترین ماده موجود در آب پنیر، لاکتوز است که اثر مثبتی روی جذب مواد معدنی، به ویژه کلسیم دارد (رانگاناتان[۱۱] و همکاران، ۲۰۱۸). مطالعات نشان داده است که پروتئین آب پنیر نقش مؤثری در کاهش خطرات آسم و آلرژی دارد و همچنین عفونت‌های باکتریایی دستگاه تنفسی را کاهش می‌دهد که اثرات مثبتی بر کبد چرب و سرطان و همچنین کاهش قند خون، کلسترول و فشار خون دارد (علیمرادی و همکاران، ۲۰۱۶؛ ملایی پروری، ۱۳۹۱). پروتئین‌های آب پنیر در محصولات گوشتی، محصولات لبنی (ماست و بستنی)، محصولات با چربی کاهش یافته (نظیر سس ها و دسرها)، محصولات نانوایی و قنادی، غذای کودک، مکمل‌های ورزشی و نوشیدنی‌های بر پایه آب پنیر استفاده می‌شود (جولانتا و همکاران، ۲۰۱۶، رانگاناتان و همکاران، ۲۰۱۸). علاوه بر این پروتئین آب پنیر نقش مهمی در پایداری محصولات گوشتی دارد (جولانتا و همکاران، ۲۰۱۶، چاندراجیت و کاروناسنا، ۲۰۱۸). کنسانتره پروتئین آب پنیر[۱۲] (WPC)، ایزوله پروتئین آب پنیر[۱۳] (WPI) و پروتئین آب پنیر هیدرولیز شده[۱۴] (HWP) فراورده‌های کلیدی تهیه شده از آب پنیر هستند (چاندراجیت و کاروناسنا، ۲۰۱۸). با توجه به افزایش قیمت شیرخشک بدون چربی می‌توان از آب پنیر به عنوان جایگزین بخشی از شیر خشک بدون چربی در محصولات لبنی استفاده نمود. استفاده از آب پنیر در پروسه تولید بستنی نیز سبب افزایش ارزش تغذیه‌ای، بهبود

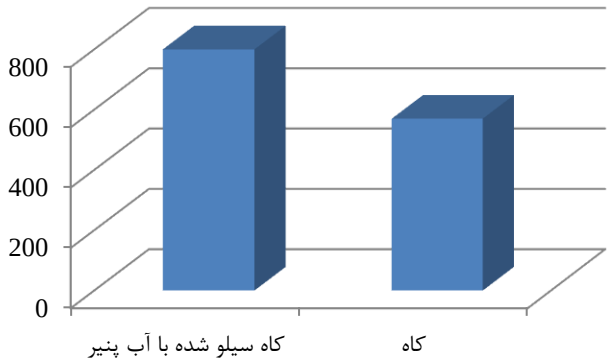
[1] Chemical Oxygen Demand
[2] Gurtekin
[3] Total Suspended Solids
[4] Fshmy hope
[5] Sequencing Batch Reactor
[6] Zhan
[7] El-Gohary
[8] Tawfik
[9] Chandrajith
[10] Karunasena
[11] Ranganathan
[12] Whey Protein Concentrate
[13] Whey Protein Isolate
[14] Whey Protein Hydrolysis

طعم، ظاهر و بافت بستنی، مقاومت در برابر ذوب شدن و کاهش زمان فریز کردن می‌شود (رانگاناتان و همکاران، ۲۰۱۸؛ عبدی و همکاران، ۱۳۹۱). از دیگر اثرات مثبت آب پنیر می‌توان به کاهش سینرسیس و بهبود طعم ماست (عبدی و همکاران، ۱۳۹۱) و بهبود طعم، رنگ، خواص حسی و افزایش ارزش تغذیه‌ای نان اشاره کرد. آب پنیر همچنین می‌تواند به عنوان جایگزین تخم‌مرغ در تولید محصولات قنادی، به منظور کاهش کلسترول و نیز به عنوان جایگزین ساکارز و گلوکز در این فرآورده‌های غذایی مورد استفاده قرار گیرد (جولانتا و همکاران، ۲۰۱۶).

- **تهیه خوراک دام و طیور از آب پنیر**

بخش عمده هزینه پرورش دام و طیور مربوط به خوراک آن‌هاست. بنابراین، به منظور کاهش هزینه‌های مذکور می‌توان از پساب کشاورزی ضایعات کارخانجات صنایع غذایی، که به مقدار زیاد در کشور یافت می‌شود، استفاده کرد (باوند وندچالی و همکاران، ۱۳۹۵). در ایران سالانه بیش از یک میلیون تن آب پنیر به عنوان محصول جانبی کارخانجات پنیرسازی تولید می‌شود که دفع آن به عنوان یک مشکل عمده محیط زیستی شناخته می‌شود. ساده‌ترین روش استفاده از آب پنیر در بخش خوراک دام، استفاده مستقیم حیوان از آب پنیر است که می‌تواند جایگزین بخشی از آب مصرفی آن‌ها باشد (افضل‌زاده، ۱۳۷۸). موجودات زنده ذره بینی موجود در ترکیب آب پنیر توانایی جمع کردن پروتئین زیادی را در ترکیب سلولی خود دارند که پس از خشک و آسیاب کردن بخش جامد آب پنیر می‌توان از این محتویات ارزشمند به عنوان غذای دام استفاده کرد (وفایی و همکاران، ۱۳۹۲). همچنین پروتئین محلول موجود در آب پنیر می‌تواند به عنوان منبع نیتروژن به وسیله میکرارگانیسم‌های شکمبه مورد استفاده قرار گیرد (باوند وندچالی و همکاران، ۱۳۹۵). آب پنیر و فراورده‌های حاصل از آن حاوی فاکتورهای شناسایی نشده رشد بوده و افزودن آن‌ها به غذای جوجه‌های گوشتی می‌تواند افزایش رشد و بهبود استخوان سازی در بدن آن‌ها را به دنبال داشته باشد (کاناز[1] و همکاران، ۲۰۱۷). در پژوهش انجام شده توسط آشور[2] و همکاران (۲۰۱۹) مشاهده شد که جوجه‌های گوشتی که با جیره حاوی پروتئین آب پنیر تغذیه شدهاند به‌طور معنی‌داری ($P<0/05$) بالاترین درصد لاشه و درصد سینه و نیز پایین‌ترین غلظت کلسترول پلاسما بودند. همچنین عمل‌آوری کاه عدس با آب پنیر افزایش مصرف اختیاری خوراک و بهبود قابلیت هضم ماده آلی و پروتئین خام را سبب شده است؛ هر چند قابلیت هضم ماده خشک و افزایش وزن بدن تحت تأثیر این فرآوری قرار نگرفت (قدرت‌نما و یلچی، ۱۳۸۴).

تحقیقات متعددی نیز نشان داده‌اند که مصرف روزانه ۲۰-۱۲ لیتر آب پنیر به وسیله گاوهای شیرده سبب افزایش تولید شیر و افزایش درصد کلسیم و منیزیوم آن شد (اهلام[3] و اهوی[4]، ۲۰۱۶). همچنین استفاده از فرآورده‌های جانبی صنایع غذائی همچون آب پنیر در سیلو سیلو کردن کاه غلات و بقولات به عنوان یکی از ارزان‌ترین و مناسب‌ترین روش‌های بهبود راندمان تغذیه‌ای و بهبود میزان مصرف مواد خشبی معرفی شده است (قدرت‌نما و یلچی، ۱۳۸۴). از آب پنیر تولیدی در واحدهای صنعتی و سنتی صنایع لبنی در دوره‌های فعالیت آن‌ها می‌توان جهت سیلو کردن و غنی‌سازی کاه با نسبت‌های ۱:۲ تا ۱:۴ استفاده نمود و کاه غنی شده به این روش می‌تواند در فصول سرد سال که علوفه مرغوب و تازه کافی وجود ندارد به عنوان یک جیره پایه مناسب جهت تأمین احتیاجات نگهداری دام‌ها مورد استفاده قرار گیرد (افضل‌زاده، ۱۳۷۸).



شکل ۱: میانگین ماده خشک مصرفی کاه و کاه سیلو شده با آب پنیر (گرم)

[1] Kanaz
[2] Ashour
[3] Ahlam
[4] Ahewy

- **تهیه سوخت پاک از آب پنیر**

استفاده از سوخت‌های فسیلی، سبب افزایش غلظت CO_2 در جو زمین و تشدید پدیده گرمایش جهانی می‌شود (کنجی و همکاران، ۲۰۱۹). استفاده روزافزون از سوخت‌های فسیلی، کاهش ذخایر موجود و از طرف دیگر مشکلات محیط زیستی ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی محققان را در جهت یافتن منابع جدید انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک ترغیب نموده است (وافیک سادیک[1] و همکاران، ۲۰۱۴؛ حیدرزاده درزی و همکاران، ۱۳۹۵). فناوری زیستی راهی برای تولید سوخت‌های زیستی محسوب می‌شود. بحران انرژی، آلودگی‌ها و آثار محیط زیستی ناشی از استفاده از سوخت‌های فسیلی باعث شده است تا بشر به استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر روی آورد. یکی از انواع انرژی‌های تجدیدپذیر سوخت زیستی می‌باشد که به سه صورت جامد، مایع و گاز می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. محتوای انرژی سوخت زیستی از منابع زیستی و مواد آلی که بدن موجودات زنده را می‌سازند به وجود آمده است. در واقع سوخت زیستی نوعی از سوخت است که از منابع زیست‌توده (بیومس) به وجود می‌آید.

تقسیم بندی سوخت‌های زیستی

سوخت‌های حاصل از زیست‌توده را می‌توان در یک تقسیم‌بندی کلی به سوخت‌های جامد، مایع و گازی شکل طبقه‌بندی کرد. سوخت‌های مایع عبارتند از بیواتانول، بیومتانول و بیودیزل. بیواتانول و بیومتانول از طریق تخمیر موادی همچون چغندرقند، سیب‌زمینی و یا غلات بدست می‌آیند (مشهدی، ۱۳۸۵).

زیست‌توده چهارمین منبع انرژی جهان است و حدود ۱۴ درصد از نیازهای انرژی جهان را تأمین می‌کنند. سوخت حاصل از فن آوری‌های تبدیل زیست توده یا به حالت گاز (زیست گاز) و یا مایع (متانول، اتانول و بیودیزل) و یا جامد است که برای تولید الکتریسیته و گرما مورد استفاده قرار می‌گیرد. استفاده از منابع زیست توده، یکی از مناسب‌ترین و اقتصادی‌ترین راه حل‌های تأمین نیازهای اساسی انرژی مردم فقیر در مناطق دور افتاده است (گرجی و همکاران، ۱۳۹۲).

منابع زیست توده

جنگل‌های و ضایعات جنگلی: شامل چوب، خرده‌های چوب و خاک اره، از منابع جنگلی زیست توده بوده و در حال حاضر، سالانه در جهان بیش از ۲/۱ گیگاتن چوب به مصرف تولید انرژی می‌رسد.

محصولات و ضایعات کشاورزی: شامل گیاهان مختلفی مانند ذرت، برنج، سیب زمینی ترشی (سورگم)، نیشکر، انواع میوه، گیاهان روغنی و ضایعات آنها مانند سبوس برنج، کاه و غره است. الکل و بیو دیزل، دو فرآورده انرژی زای مهمی هستند که از محصولات و ضایعات کشاورزی بدست می‌آیند.

ضایعات فاضلاب‌های صنعتی: در پساب برخی از کارخانه‌ها مانند صنایع نساجی، الکل‌سازی، چوب و کاغذ و پساب و ضایعات صنایع غذایی مانند پنیرسازی و تولید آب میوه، مقدار زیادی زیست توده وجود دارد که می‌توان از آن‌ها برای تولید انرژی و غذای دام استفاده کرد. حدود ۲۰ درصد از وزن میوه را تفاله تشکیل می‌دهد (بسته به نوع میوه، این مقدار بین ۹ درصد تا ۲۵ درصد متغیر است). یکی دیگر از صنایع غذایی که فاضلاب آن آلودگی شدید در محیط زیست ایجاد می‌کند، صنایع پنیرسازی است. آب پنیر مایعی است که پس از حذف چربی و کازئین شیر، طی فرآیند پنیرسازی بدست می‌آید. از آب پنیر، هم به منظور غذای دام و هم برای تولید الکل می‌توان استفاده کرد. در صنایع غذای دام، با پرورش موجودات زنده ذره بینی که می‌توانند پروتئین زیادی را در خود جمع کنند و رشد بسیار خوبی بر روی آب پنیر دارند، زیست توده بسیار غنی و مغذی تهیه می‌کنند، که پس از خشک کردن و آسیاب کردن ماده حاصل، آن را به مصرف غذای دام می‌رسانند. در بسیاری از کشورهای جهان، از آب پنیر به منظور تولید الکل استفاده می‌شود.

ضایعات جامد، فاضلاب‌های شهری و فضولات دامی:

ضایعات جامد شهری را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد:

زباله‌های معمولی: مانند زباله منازل، ادرات، فروشگاه‌ها و رستوران‌ها (پسماند مواد غذایی، کاغذ، کارتن) زباله‌های حجیم خانگی (وسایل چوبی مانند کمد، میز و ...) زباله باغها و گلخانه‌ها (شاخه و برگ)

زباله‌های ویژه: مانند زباله‌های صنعتی، نخاله‌های ساختمانی، لاستیک‌های فرسوده، مواد تابش‌زای هسته‌ای (رادیواکتیو) و زباله‌های آلوده بیمارستانی.

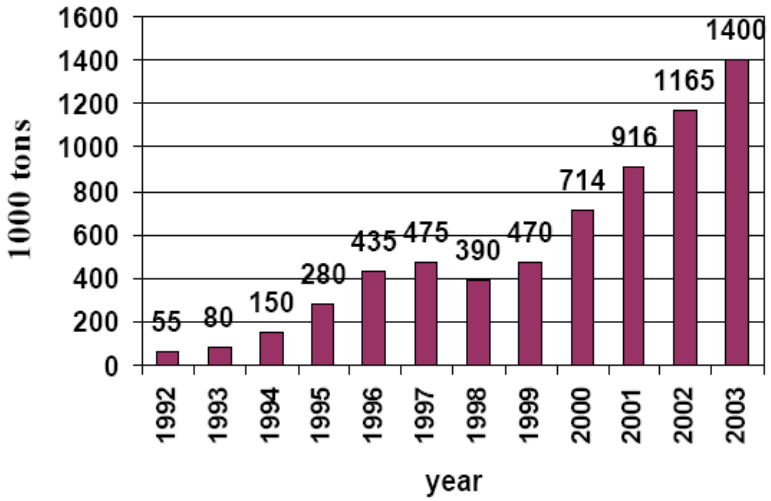
[1] Wafik Sadik

همچنین به‌دلیل مصرف بالای سوخت‌های فسیلی در کشورهای صنعتی، دولت‌ها قوانین متعددی برای کاهش آلودگی وضع کرده اند. به عنوان مثال در دسامبر ۱۹۹۷ در کنفرانس کیوتو، مقرر شد مقدار CO_2 ناشی از سوخت‌های فسیلی در اتحادیه در سال ۲۰۱۰ نسبت به ۱۹۹۰ به میزان ۸/۱ درصد کاهش یابد. در اروپا به دو دلیل وابستگی به واردات نفت و آلودگی‌های ناشی از گازهای گلخانه‌ای (پروتکل کیوتو)، بحث سوخت‌های جایگزین و منابع تجدیدپذیر از طرف اتحادیه اروپا مطرح شده است. اتحادیه اروپا تقریبا به طور ۱۰۰ ٪ واردکننده سوخت است. این اتحادیه اخیرا در زمینه حمل و نقل جاده ای و استفاده از سوخت های غیرفسیلی تمهیداتی نیز اندیشیده است. به ویژه در زمینه حمل‌ونقل جاده‌ای تسهیلات مالیاتی برای سوخت‌های غیرفسیلی وضع نموده است. این وضعیت را می‌توان در شکل (۱) مشاهده نمود. این شکل نشانگر میزان تولید بیودیزل و رشد چشمگیر آن طی سالهای ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۲ است (وفایی و همکاران، ۱۳۹۲). اهداف اتحادیه اروپا را می توان در موارد زیر خلاصه نمود:

- افزایش سهم انرژیهای تجدیدپذیر از ۶ ٪ به ۱۲٪ در سال ۲۰۱۰
-افزایش معادل دوبرابر تولید بیوانرژی
-افزایش بیش از ۱۰ برابر تولید بیوالکتریسیته.
- کاهش آلودگی گازهای گلخانه ای
- افزایش ایمنی منابع سوخت
- بهره وری پایدار از منابع

بیودیزل اتیل استر یا متیل استری است که از روغن‌های گیاهی یا چربی‌های حیوانی تولید شده و به عنوان سوخت در موتورهای دیزل یا سیستم‌های حرارتی استفاده می گردد (قبادیان و رحیمی، ۲۰۰۴).

بیودیزل را می‌توان از روغن‌های تازه (vegetable oil) یا روغن‌های پسماند (waste vegetable oil) تولید نمود (فوکادا و همکاران، ۲۰۰۱).



شکل۲: رشد تولید بیودیزل در اروپا از سال ۱۹۹۲

آب پنیر به عنوان پسماند عمده صنایع لبنی به‌دلیل داشتن ترکیبات مغذی، محیط مناسبی برای رشد میکروارگانیسم‌ها می‌باشد. مشکلات محیط زیستی مترتب بر دفع این پسماند به طبیعت، تبدیل آن به مواد قابل استفاده مجدد را به عنوان یک ضرورت مطرح می‌سازد. کربوهیدرات، پروتئین و املاح فراوان موجود در آن از مهم‌ترین عامل آلودگی محسوب می‌شوند. به کمک فناوری زیستی می‌توان از این ترکیبات برای تولید سوخت‌های زیستی مایع و گاز، از جمله هیدروژن، متان و اتانول، که فرآورده‌هایی با ارزش و سوخت‌های پاک و سازگار با طبیعت هستند استفاده نمود (حیدرزاده درزی و همکارن، ۱۳۹۵؛ قنادزاده گیلانی و همکاران،۱۳۹۰).

پرکاربردترین نوع سوخت زیستی که در دهه‌های اخیر مورد توجه دانشمندان و دولت‌های سراسر جهان واقع شده است، سوخت‌های زیستی مایع بوده که مهم‌ترین و پرمصرف‌ترین آن‌ها، با سهم بیش از ۸۰ درصد از تولید و مصرف سوخت‌های زیستی در جهان، اتانول

زیستی است. بنابراین، می‌توان از اتانول به‌عنوان جایگزینی مناسب برای سوخت‌های فسیلی در آینده استفاده کرد (وافیک سادیک[1] و همکاران، ۲۰۱۴).

امروزه در کشورهای متعددی از آب پنیر به منظور تهیه الکل استفاده می‌شود. از لاکتوز موجود در آب پنیر نیز می‌توان به عنوان منبع کربنی مناسب جهت تولید الکل استفاده کرد (بیپاشا[2] و بهاتاچارجی[3]، ۲۰۱۶).

نتیجه‌گیری

آب پنیر دارای مواد مغذی و ارزشمندی است و با توجه به ارزش تغذیه‌ای بسیار بالای آب پنیر از یک سوی و از طرف دیگر پتانسیل آلوده‌کنندگی شدید آن، بهترین راه برای جلوگیری از آلودگی‌های محیط زیستی و همچنین بهبود نرخ سودآوری شرکت‌های لبنی، عرضه این محصول جانبی توسط کارخانه‌های تولید کننده پنیر به مراکز تولید کنسانتره آب پنیر، خوراک دام و یا تولیدکننده‌های اتانول می‌باشد. تقریباً ۶۰ درصد هزینه پرورش دام و طیور مربوط به خوراک است. آب پنیر دارای لاکتوز، پروتئین های محلول، مواد معدنی و ویتامین‌های محلول در آب می باشد که این مواد مغذی می‌توانند بخوبی توسط دام‌ها مخصوصاً نشخوارکنندگان مورد استفاده قرار گیرند. بنابراین، احداث کارگاه‌های انجام عمل‌آوری فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی در اطراف واحدهای نگهداری دام و آموزش کارشناسان و دامپروران برای انجام عمل‌آوری خوراک می‌تواند از هدر رفت این مواد و ورود آن به پساب‌های شهری و روستایی که سبب آلودگی محیط زیست می‌شود جلوگیری کند و از سوی دیگر با کاهش هزینه های خوراک دام و طیور به رونق صنعت دامپروری کمک کند. حرارت اعمال شده در طی مرحله پاستوریزاسیون می‌تواند بخشی از پروتئین‌های موجود در آب پنیر را دناتوره کند و سبب افزایش میزان ظرفیت اتصال با آب آن‌ها شود. برخی محققان اذعان داشته‌اند که افزودن پروتئین آب پنیر به محلول در سطوح ۲۵ تا ۵۰ درصد سبب افزایش ویسکوزیته ترکیب می‌شود، و از طرف دیگر استفاده از سطوح بالاتر (۱۰۰-۷۵ درصد) با کاهش ویسکوزیته ترکیب همراه خواهد بود. همچنین افزودن این پروتئین در بستنی سبب ثبات امولسیون بستنی و افزایش میزان پروتئین‌های آب پنیر در سطوح گلبول‌های چربی در اثر هموژنیزاسیون و کشش بین سطحی فازهای چربی و سرم و افزایش ویسکوزیته مخلوط و فولیکول‌های چربی می‌شود. همچنین می‌توان از فن‌آوری زیستی آب پنیر به منظور تولید سوخت‌های زیستی از جمله هیدروژن، متان و اتانول و کاهش آلودگی‌های محیط زیستی و تخفیف شدت پدیده گرمایش جهانی استفاده نمود.

منابع

افضل زاده، ا. (۱۳۷۸). تعیین ارزش غذایی کاه گندم غنی سازی شده با آب پنیر، مجله پژوهش و سازندگی، صفحه ۱-۸.

باقری پیره، ت، احمدزاده قویدل، ر. (۱۳۹۵). بررسی تصفیه پساب صنایع لبنی به کمک روش های بیولوژیک، اولین همایش ملی مدیریت بحران، ایمنی، بهداشت، محیط زیست و توسعه پایدار

باوند وندچالی، ا.، ک. جعفری خورشیدی و م. ع. جعفری. (۱۳۹۵). نقش آب پنیر در تغذیه نشخوارکنندگان، نشریه دامداران ایران، صفحه ۱۴-۱.

حیدرزاده درزی، ح.، س. م. مهدی نوری و م. فرخی. (۱۳۹۵). بررسی فرآیند تولید سوخت های زیستی از پسماند صنایع لبنی، چهارمین همایش ملی شیمی-پتروشیمی و نانو ایران، صفحه ۸-۱.

عبدی، س.، نو. میر و م. دهقان نیری. (۱۳۹۱). بهبود خواص فیزیکی و حسی محصولات لبنی با بهره گیری بهینه از خواص کاری پروتئین های آب پنیر، مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، صفحه ۹۰۸-۸۹۷.

فرهنودی، ف. (۱۳۷۹). کاربرد فراپالایش در صنایع لبنی،ترجمه مجید دیدری، فرهاد فرهنودی، ۲۸۵ صفحه.

قبادیان، ب، خاتمی فر، م. (۱۳۸۴). تولید بیودیزل از روغن های پسماند خوراکی، همایش ملی بررسی ضایعات محصولات کشاورزی، قطب علمی مهندسی بازیافت و ضایعات محصوالت استراتژیک کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

قدرت نما، ا، یلچی، ط. (۱۳۸۴). تعیین ارزش غذایی و مصرف اختیاری کاه عدس غنی شده با آب پنیر و اوره در تغذیه گوسفندان، دومین سمینار پژوهشی گوسفند و بز کشور.

[1] Wafik Sadik
[2] Bipasha
[3] Bhattacharjee

قنادزاده گیلانی، ح.، غ. خیاطی، ز. میرنظامی و م. قربانپور. (۱۳۹۰). بررسی گونه های مخمر در تولید اتانول از آب پنیر در فرآیند ناپیوسته در فرمانتور میکس و بیوراکتور ایرلیفت، دومین همایش بیوانرژی ایران، صفحه ۸-۱.

گرجی تهرانی، پ، مهردادی، ن، امیری، م.ج. (۱۳۹۲). بررسی و اولویتب ندی فناوری های مختلف تولید انرژی از منابع زیست‌توده، پنجمین کنفرانس انرژیهای تجدیدپذیر، پاک و کارآمد، مجری: هم اندیشان انرژی کیمیا

مشهدی، ح.، الماسی، م. (۱۳۸۵). تهیه متیل استر کلزا بعنوان سوخت جایگزین موتورهای دیزل. کنگره مکانیک و مکانیزاسیون کشاورزی کرمان.

ملایی پروری، م. (۱۳۹۱). خواص فراویژه آب پنیر، دومین سمینار ملی امنیت غذایی، صفحه ۴-۱.

وفایی، م.ر.، ش. کریمی و م. بحیرایی. (۱۳۹۲). زیست دیزل و کاربرد آن به عنوان سوخت جایگزین در جهان،کنگره محیط زیست دانشگاه آزاد ساوه، صفحه ۱۲-۱.

Ahlam, A., and E. Ahewy. (2016). Whey as a Feed Ingredient for Lactating Cattle, Science International, 12 (1): 1-14.

Ali, T., A.H. Hasani and R. Akbar. (2007). Pertomance evaluation of wasterwater treatment plants Tabriz Sahand range of dairy products and solutions to fix it, Quarterly Environmental Science and Technology, 8: 39-46.

Alimoradi, F., H. Elham, H. Hojaji, H. Jooyandeh, S. Zehni and M. Jalal. (2016). Whey Proteins: Health benefits and food applications, Journal of International Research in Medical and Pharmaceutical Sciences, 9(2): 63-73.

Ashour, E., E. Mohamad, H. AbdEl, M. Alagawany, A. Swelum, A. Osman, M. Islam, M. Saadeldin, M. Abdel-hamid and H. El-sayed. (2019). Use of Whey Protein Concentrates in Broiler Diets, The journal of Applied Poultryy Research, 28 (4): 1078-1080.

Bae, T.H., S. Han and T. Tak. (2003). Membrane sequencing batch reactor system for the treatment of dairy industry wastewater, Process Biochemistry, 39 (2): 221-231.

Bipasha, D., and Bhattacharjee, S. (2016). Studies on Production of ethanol from cheese ehey using Kluyveromyces marxianus, Materials Today: proceedings, 3 (10): 3253-3257.

Chandrajit, V.G.G., and G.A.D.V. Karunasena. (2018). Applications of Whey sa AValuable Ingredient in Food Industry, Journal of Dairy & Veterinary Sciences, 10 (2): 1-14.

El-Gohary, F., and A. Tawfik. (2009). Decolorization and COD reduction of disperse and reactive dyes wastewater using chemical-coagulation followed by sequential batch reactor (SBR) process, Desalination, 249 (3): 1159-1164.

Fukuda, H., Kondo, A. and Noda, H. (2001). Biodiesel fuel production by transesterification of oils. Bioscience and bioengineering, 92: 405-416.

Jolanta, B., A. Krolczyk, T. Dawidziuk, E. Janiszewska-Turak and B. Sotowiej. (2016). Use of Whey and Whey Preparations in the Food a Review, Journal Food Nutr. Sci, 66 (3): 157-165.

Kanza, Majid Majeed, Aysha Sameen, Muhammad Usman Khan, Mohammad Ali Shariati, Vesna Karapetkovska- Hristova. (2017). Impact of cheese whey protein on growth performance of broiler: an approach of cheese whey utilization in poultry feed, Journal of Microbiology, Biotechnology and Food science (JMBFS).

Kenji, O., S. Nakagawa, R. Kanawaku and S. Kawamura. (2019). Ethanol Production from CheeseWhey and Expired Milk by the Brown Rot Fungus Neolentinus Lepideus, journal Fermentayion, 5 (49): 1-18.

Mortazavi, A., R. Dezyani, R. Ezzati, H. Arab and R. Azizi. (2007). Production and application of whey in food industry, Ind ed. Tabriz: Parivar press, 30-45.

Omil, F., J.M. Garrido, B. Arrojo, R. Mendez. (2003). Anaerobic filter reactor performance for the treatment of complex dairy wastewater at industrial scale, Water Reserch, 37 (17): 4099-4108.

Pour Bvdaq, S., and M. Fshmy hope. (2007). Minimizing the sludge in wastewater treatment plants using activated sludge treatment by optimizing the parameters, Environmental Science and Technology, 69: 29-77.

Ranganathan, K.,C. Sulaxana Kumari, S. Gokul, S. Vijiyalakshmi and N. Shanmugan. (2018). Whey Proteins: A potential ingredient for food industry- A review, Asian J. Dairy and Food Res, 37(4): 283-290.

Sooknah, R.D., and A.C. Wilkie. (2004). Nutrient removel by floating aquatic macrophytes cultured in anaerobically digested flushed dairy manure wasterwater, Ecological Engineering, 22 (1): 27-42.

Wafik, Sadik., M. Asmaa and A. Halema. (2014). Production of Ethanol from Molasses and Whey Permeate Using Yeasts and Bacterial Strains, International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 3 (3): 1-15.

Zhan, X., M.G. Healy and J. Li. (2009). Nitrogen removel from slaughterhouse wastewater in a sequencing batch reactor under controlled low Do Conditions Bioprocess and biosystems engineering, 32 (5): 607-614.