

## بررسی مشخصات کمی و کیفی پسماند غذایی رستوران شرکت پالایش گاز ایلام و ارائه راهکارهای مدیریتی شعله مصنفی<sup>۱</sup>، الهه پورفخرایی<sup>۱\*</sup>، رضا رستم‌نیا<sup>۲</sup>، یدالله توان<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> گروه بیوتکنولوژی صنعت و محیط، پژوهشکده علوم پایه کاربردی جهاد دانشگاهی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.  
<sup>۲</sup> واحد مهندسی و توسعه شرکت پالایش گاز ایلام، ایلام، ایران.

### مقاله پژوهشی

#### چکیده

**زمینه و اهداف:** اتخاذ رویکرد مدیریتی مناسب برای کاهش بار آلودگی پسماند غذایی رستوران‌ها به علت احتمال بروز مشکلات محیط زیستی و زیان‌های اقتصادی امری ضروری است. در این مطالعه به بررسی وضعیت تفکیک پسماند در رستوران شرکت پالایش گاز ایلام و ارزیابی مشخصات کمی و کیفی پسماند تولیدی پرداخته شده است.

**مواد و روش‌ها:** تفکیک پسماند و مقدار کل پسماند تولیدی در طی ۷ روز کاری و در دو فصل در سال ارزیابی شد. در راستای تعیین مشخصات پسماند غذایی رستوران، روزانه و به روش مرکب نمونه‌گیری انجام و آنالیزهای فیزیکوشیمیایی براساس روش استاندارد انجام شد. رعایت ملاحظات اخلاقی در اجرای مطالعه در نظر گرفته شد.

**یافته‌ها:** مقدار پسماند تولیدی روزانه رستوران ۲۰۰/۷ kg بود که شامل ۵۰/۳۲ درصد پسماند غذایی و ۴۹/۶۸ درصد پسماند قابل بازیافت بود. سرانه کل پسماند تولیدی، پسماند غذایی و پسماند خشک به ترتیب ۱۶۷، ۸۴ و ۸۳ گرم در روز به ازای هر فرد بدست آمد. آنالیز کیفی پسماند غذایی نشان داد که رطوبت ۷۰/۵٪، مواد آلی ۸۴٪، کربن آلی ۵۸/۸٪، کل نیتروژن ۲/۱٪، چربی و روغن ۷/۶٪، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی ۶۸/۶۸٪، C/N معادل ۲۸، pH ۴/۹ و چگالی ۶۲۴ kg/m<sup>3</sup> بوده است.

**نتیجه‌گیری:** نتایج این مطالعه نشان داد که تفکیک در مبدا به خوبی انجام شده و مقادیر پسماند تولیدی رستوران بسیار پایین است. مشخصات کیفی پسماند غذایی نشان‌دهنده قابلیت استفاده آن به عنوان خوراک اولیه در فرآیندهای تخمیر تاریک، هضم بی‌هوازی برای تولید انرژی و کمپوست‌سازی، ورمی‌کمپوست و پرورش لارو مگس سرباز سیاه برای تولید کود و خوراک دام و طیور است.

**کلید واژه‌ها:** پسماند رستوران؛ مشخصات کمی و کیفی؛ مدیریت پسماند.

**Please cite this article as:** Mosanefi Sh, Pourfakhraei E, Rostamniya R, Tavan Y. Assessment of quantitative and qualitative characteristics of food waste in Ilam gas refinery restaurant and proposal of management strategies. Journal of Health in the Field 2025; 13(1):47-57. **Doi:** <https://doi.org/10.22037/jhf.v13i1.47286>.

\*نویسنده مسئول: گروه بیوتکنولوژی صنعت و محیط، پژوهشکده علوم پایه کاربردی جهاد دانشگاهی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

Email: [pourfakhraei@acecr.ac.ir](mailto:pourfakhraei@acecr.ac.ir)

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۱۰/۲۴

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۰۳/۱۸

## مقدمه

پسماند غذایی رستوران یا غذاخوری به ضایعات باقیمانده از وعده غذایی تمام نشده یا باقیمانده حاصل از آماده‌سازی مواد اولیه، طبخ، پخت و توزیع غذا که دارای ارزش غذایی هستند، گفته می‌شود [۱،۲]. حجم تولید پسماند غذایی و میزان هدر رفت مواد غذایی آمار قابل توجهی را نشان می‌دهد که نیاز به مدیریت دارد. طبق گزارش سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد (Food and Agriculture Organization-FAO)، حدود یک سوم مواد غذایی از جمله سبزیجات تازه، میوه‌ها، گوشت، نان و محصولات لبنی در طول زنجیره تامین مواد غذایی به صورت پسماند غذایی از بین می‌رود [۳-۱]. علاوه بر هدر رفتن منابع غذایی، رد پای کربن پسماند غذایی با انباشتن حدود ۳/۳ میلیارد تن CO<sub>2</sub> در جو در سال به انتشار گازهای گلخانه‌ای (Greenhouse Gases-GHG) کمک می‌کند [۴،۵]. با توجه به ماهیت آلی بخش عمده پسماند رستورانی و محتوای بالای رطوبت آن، پسماند غذایی به عنوان تهدید و چالشی جدی و اجتناب ناپذیر در مدیریت پسماندها مطرح می‌شود [۶،۷]. این نوع پسماندها به دلیل فسادپذیری و قابلیت بالای تجزیه‌پذیری، علاوه بر تحمیل هزینه‌های قابل توجه حمل و نقل که بیشترین سهم را در فرآیند مدیریت پسماند دارند [۸]، در صورت دفن غیر بهداشتی در محل‌های دفن زباله مشکلات متعددی ایجاد می‌کنند. از جمله این مشکلات می‌توان به اشغال فضای مفید دفن و از دست رفتن زمین‌های ارزشمند اشاره کرد [۹]. همچنین، دفن نامناسب پسماندهای غذایی زمینه‌ساز جلب حشرات، چونندگان، سگ‌های ولگرد و حتی هدایت دام‌های محلی شده که می‌تواند به شیوع بیماری‌های مشترک انسان و حیوان مانند بروسلوز، لیشرمانیوز، هیداتیدوز، سیاه‌زخم و سالک منجر شود [۱۰،۱۱]. علاوه بر این، تجزیه این پسماندها در شرایط بی‌هوای منجر به تولید گازهای گلخانه‌ای مانند متان و دی‌اکسیدکربن می‌شود که به آلودگی هوا و افزایش پدیده گرمایش جهانی دامن می‌زند [۱۲،۲]. به‌علاوه در اثر تجزیه مواد آلی دارای رطوبت بالا در سلول‌های دفن، شیرابه تولید می‌شود که در صورت عدم مدیریت و تصفیه مناسب سبب آلودگی خاک، آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌شود [۱۳،۱۴]. لذا رشد فزاینده تولید پسماند غذایی پیامدهای جدی از نظر پایداری و مسائل زیست محیطی دارند تا آنجایی که محققان از ضایعات مواد غذایی به عنوان قانون ناپایداری نام برده‌اند [۱۵،۱۶]. عدم مدیریت درست این پسماندها سبب گرمایش جهانی، زیان‌های اقتصادی و به خطر افتادن امنیت غذایی می‌شود [۱۷-۱۵]. بنابراین اتخاذ تصمیمات کارآمد و فوری به منظور کاهش بار آلودگی احتمالی ناشی از این پسماندها ضروری بوده و در پی آن، تدوین و اجرای برنامه‌های مدیریتی جهت بازیافت زباله‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است [۱۸،۱۹،۴].

یکی از مهمترین ابزارها به منظور مدیریت پسماندهای جامد به منظور اتخاذ رویکردی یکپارچه و جامع در راستای حفاظت از محیط زیست، شناخت دقیق منابع تولید پسماند، آگاهی از کمیت و کیفیت پسماند تولیدی است [۲۰،۸]. این مرحله به عنوان سنگ بنای سیستم مدیریت پسماند هم در بخش شهری هم در صنایع خرد و کلان نقش مهمی در مطالعات، طراحی و بهره‌برداری سیستم‌های مدیریت جامع پسماند دارد [۲۱،۲۲]. مرور مطالعات انجام شده در این حوزه نشان می‌دهد که تحقیقات کمی درباره مدیریت پسماند در رستوران‌ها و غذاخوری‌ها، به ویژه در بخش‌های آشپزخانه و سالن غذاخوری وجود دارد. همچنین، منابع موجود عمدتاً به صورت گزارش‌های پراکنده سازمان‌های مختلف است [۲۳،۶]. در اکثر مطالعات پیشین در خصوص تعیین کمیت پسماند جامد شهری، تمرکز عمده بر پسماندهای تولید شده توسط خانوارها بوده است، در حالی که بخش غذاخوری‌ها یا رستوران‌های شرکت‌ها، مدارس و دانشگاه‌ها کمتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. با توجه به افزایش چشمگیر تعداد مدارس، دانشگاه‌ها و صنایع خصوصی و دولتی، توجه ویژه به مدیریت پسماند و برآورد کمی و کیفی پسماند تولید شده در غذاخوری‌ها و رستوران‌های این نهادها امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است [۲۴]. در مطالعه‌ای که توسط Dagilūte و همکاران در یک رستوران در لیتوانی انجام شد مقدار ۸۲ کیلوگرم در روز پسماند تولید می‌شود [۲۵]. در یک مطالعه دیگر، میزان تولید پسماند در غذاخوری یک دانشگاه دولتی با زمینه فعالیت خدمات بهداشتی و اجتماعی در برزیل ۳۱۲ کیلوگرم در روز گزارش شده است که بیش از ۸۰ درصد آن را پسماند غذایی تشکیل می‌دهد [۱۰]. به علاوه در مطالعه‌ای که توسط Wang و همکاران در ۱۹۵ رستوران در کشور چین انجام شد میزان ضایعات غذایی به ازای هر نفر در هر وعده برابر با ۹۳ گرم بود [۲۶]. در پژوهشی دیگر که Filimonau و همکاران بر روی رستوران‌های چینی در انگلستان انجام دادند که نشان داد ضایعات غذایی تولید شده ۱۳۸ گرم به ازای هر نفر بوده است [۲۷]. همچنین مطالعه انجام شده در غذاخوری‌های ۱۹ مدرسه در ایتالیا نشان داده است که سرانه پسماند تولیدی به ازای هر نفر در روز به ترتیب معادل ۱۸۰ گرم بوده است [۲۸]. در حالی که در مطالعه‌ای دیگر در رستورانی در ایتالیا مقدار پسماند غذایی ۲۰۰ گرم به ازای هر مشتری در روز برآورد شده است که دربرگیرنده ۲۸/۲ درصد از کل پسماند تولیدی در رستوران است [۶]. همانگونه که در مرور مطالعات اشاره شد، مطالعات کمی بر روی پسماند تولیدی از رستوران‌ها و غذاخوری‌های واحدهای صنعتی موجود است و داده‌های به دست آمده تاحدودی با هم مغایرت دارند. به علاوه متفاوت بودن فعالیت‌های مربوط به پخت، تهیه و توزیع غذا در آشپزخانه و رستوران غذاخوری صنایع و شرکت‌ها با توجه به داشتن برنامه منظم غذایی به صورت هفتگی یا ماهانه نسبت به رستوران‌های عادی شهری و پسماند مخلوط شهری سبب ایجاد تغییر در مقدار و

انجام شد. با توجه به اینکه مواد قابل بازیافت در مراحل اولیه فرآیند پخت و تهیه غذا و همچنین پس از توزیع غذا در رستوران، هنگام جمع‌آوری باقیمانده‌های هر سینی به صورت جداگانه تفکیک می‌شوند، و همچنین به دلیل حجم کم تولید این مواد و تفاوت ماهیت و کمیت پسماندهای رستورانی نسبت به پسماندهای مخلوط شهری، نمونه‌برداری به جای روش مخروط‌سازی و تقسیم‌بندی، به صورت نمونه‌برداری مرکب انجام شد [۳۱].

در این راستا ابتدا پسماند غذایی تولید شده از تمامی بخش‌های تهیه، پخت، توزیع و محل جمع‌آوری باقیمانده‌های ظرف سرو غذا رستوران در ۴ سطل ۲۵ کیلوگرمی (مجموعاً ۱۰۰ کیلوگرم) جمع‌آوری شد. سپس ۵ کیلوگرم از هر سطل نمونه‌برداری شده و روی زمین به خوبی با هم ترکیب و مخلوط شده (مجموعاً ۲۰ کیلوگرم) و دوباره مقدار ۵ کیلوگرم پسماند مخلوط شده، نمونه‌برداری شد [۳۱]. نمونه حاصل در کلمن همراه با یک یخ در دمای ۴ درجه تا رسیدن به آزمایشگاه نگهداری شده و در آزمایشگاه چگالی، رطوبت و جامدات خشک اندازه‌گیری شد. به منظور جلوگیری از فساد پسماند و آماده‌سازی برای انجام آنالیزهای فیزیکی-شیمیایی و فلزات سنگین براساس روش استاندارد، نمونه پسماند در دمای ۸۵ درجه به مدت ۴۸ ساعت خشک و سپس خرد گردید (شکل شماره ۱) و در نهایت آنالیزهای لازم از قبیل آنالیزهای مربوط به تعیین مشخصات فیزیکی-شیمیایی مانند pH، مواد آلی، هدایت الکتریکی، چربی و روغن، نسبت کربن به نیتروژن، فسفر، پتاسیم، محتوای نیتروژن و اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) به منظور تعیین ماهیت و بررسی کیفیت آن انجام شد.



شکل ۱- آماده‌سازی نمونه پسماند غذایی برای آنالیز

Figure 1- Preparing food waste samples for analysis

### یافته‌ها

#### تفکیک از مبدا و تعیین اجزای تشکیل‌دهنده پسماند

براساس بازدید به عمل آمده از رستوران شرکت پالایش گاز ایلام و اطلاعات به دست آمده از نحوه تفکیک از مبدا در این رستوران، نتایج

ترکیب پسماند و سرانه تولید پسماند می‌شود [۲۹]. لذا بررسی میزان تولید انواع پسماند در رستوران و غذاخوری‌ها و تعیین مشخصات کمی و کیفی آن در راستای تولید اطلاعات و داده‌های واقعی از شرایط موجود هم برای مسئولان اجرایی سیستم مدیریت پسماند و هم برای واحدهای صنعتی در راستای تامین و تخصیص منابع مالی سودمند خواهد بود [۶]. بنابراین در این مطالعه به بررسی وضعیت تولید پسماند، تفکیک از مبدا و انواع پسماند تولیدی، مشخصات کمی و کیفی پسماند تولید شده از رستوران شرکت پالایش گاز ایلام و مرور و ارائه روش‌های مناسب مدیریت و بازیابی این نوع از پسماند پرداخته شده است.

### مواد و روش‌ها

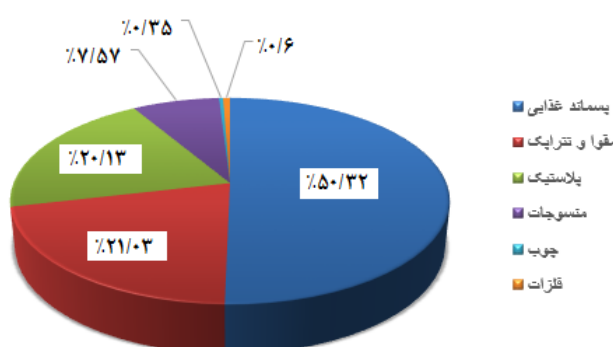
#### محل مورد مطالعه

شرکت پالایش گاز ایلام در شمال غرب شهر ایلام و شهرستان چوار قرار دارد. این شرکت دارای دو رستوران تحت عنوان رستوران اداری و صنعتی است. آشپزخانه مرکزی در رستوران صنعتی قرار گرفته است که تهیه و طبخ غذا برای هر دو رستوران در این آشپزخانه انجام می‌شود. در این مجموعه به صورت روزانه تهیه، تولید و توزیع ۳ وعده غذایی در مجموع برای ۱۲۰۰ نفر از پرسنل، کارمندان و کارکنان شرکت انجام می‌شود. در نتیجه فعالیت این رستوران طی مراحل تهیه، پخت و توزیع غذا و همچنین تمیزکاری و هدر رفت مواد اولیه رستوران، روزانه مقداری پسماند تولید می‌شود. در حال حاضر این پسماند در محلی بهداشتی و محصور شده در این مجموعه نگهداری و ذخیره شده و به صورت هفتگی توسط یک شرکت جمع‌آوری پسماند، بخش‌های خشک آن بازیافت و مابقی آن به محل دفن پسماند شهری ایلام منتقل می‌شود.

#### نمونه پسماند

به منظور برآورد مقدار کل پسماند تولیدی در مجموعه آشپزخانه‌ها و رستوران‌های شرکت پالایش گاز ایلام جدول شماره ۱ که بیانگر کل مقدار و نوع پسماند تولیدی است، تهیه و به مسئول محیط زیست و شخص مسئول مربوطه در رستوران تحویل و توضیحات لازم برای نحوه تفکیک، دسته‌بندی و توزین اجزای پسماند داده شد. اطلاعات مربوط به اجزا و ترکیب پسماند در طی ۷ روز کاری، سه بار در فصل پاییز و دو بار در فصل بهار (به علت غیرفعال بودن رستوران در ماه رمضان) انجام شد. تجزیه و تحلیل واریانس (ANOVA) با استفاده از نرم‌افزار SPSS برای تعیین سطح معنی‌داری آماری زمان پایش و مقدار پسماند غذایی تولید شده در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد [۳۰]. همچنین به منظور تعیین مشخصات پسماند غذایی از پسماند غذایی تولید شده رستوران شرکت گاز ایلام نمونه برداری شد. نمونه‌برداری از پسماند رستوران به صورت روزانه پس از پخت و توزیع غذا در زمان‌های بازدید از محل آشپزخانه مرکزی و سلف سرویس آن

شده با محتوای آب پسماند و به ندرت لیوان یک بار مصرف است که مجموع وزن این اجزا در ۵ کیلوگرم نمونه پسماند غذایی کمتر از ۵۰ گرم بوده که معادل ۱۰ گرم به ازای هر کیلوگرم پسماند تولید شده است. به علاوه تفکیک پسماند در آزمایشگاه نشان داد که اجزای پسماند غذایی شامل پوست میوه، پوست سبزیجات از قبیل پیاز، سیر، سیب زمینی، هویج، فلفل دلمه‌ای، باقیمانده گوشت، مرغ، ماهی، استخوان و پوست آن، پوسته تخم مرغ، باقیمانده نان، باقیمانده سالاد و سبزی خوردن، دانه‌های برنج، لپه، حبوبات از قبیل نخود، عدس و لوبیا، هسته میوه، هسته زیتون و خرما، پوست و باقیمانده مرکبات از قبیل لیمو ترش و نارنج است.



شکل ۲- درصد اجزای پسماند تولیدی

Figure 2- Percentage of produced waste components

### سرانه تولید پسماند

داده‌های ارائه شده در جدول شماره ۲، مقدار سرانه کل پسماند تولیدی، پسماند آلی و پسماند قابل بازیافت را نشان می‌دهد که براساس آن سرانه تولید پسماند غذایی و سرانه پسماند قابل بازیافت به ترتیب معادل ۸۴ و ۸۳ گرم در روز به ازای هر فرد است. این درحالی است که سرانه کل تولید پسماند در رستوران شرکت پالایش گاز ایلام ۱۶۷ گرم در روز به ازای هر فرد است.

### تاثیر فصل پایش بر میزان تولید پسماند

داده‌های ارائه شده در جدول شماره ۳، براساس روش ANOVA یکطرفه بدست آمده است که نتایج با توجه به اینکه P-value بزرگتر از ۰/۰۵ است، تفاوت بین آمار مقدار پسماند غذایی تولید شده در فصل‌های پاییز و بهار معنادار نیست و می‌توان گفت روند تولید پسماند غذایی در این فصول روندی ثابت دارد و به زمان نمونه‌گیری بستگی ندارد.

### مشخصات پسماند آلی

میانگین نتایج بدست آمده آنالیز هریک از پارامترهای فیزیکوشیمیایی و فلزات سنگین پسماند آلی به همراه روش‌های استفاده شده برای آنالیزها در جدول شماره ۴ ارائه شده است. مقادیر بدست آمده از آنالیز پسماند نشان می‌دهد که چگالی نمونه پسماند نسبتاً بالا و معادل  $624 \text{ kg/m}^3$

حاکی از آن است که فرآیند تفکیک از مبدا طبق یک روال استاندارد و منطقی در حال انجام بوده و تفکیک اجزای خشک و با ارزش طی فرآیند تهیه و طبخ غذا در مبدا و پس از توزیع غذا در رستوران در انتهای وعده غذایی و پیش از ورود پسماند به سطل‌های زباله در همان محل توسط کارکنان آشپزخانه و رستوران انجام می‌شود. داده‌های حاصل از دسته‌بندی و توزین اجزای پسماند در جدول شماره ۱ به صورت میانگین وزن اجزا ارائه شده است. شایان ذکر است که در تمامی بخش‌های تهیه و توزیع غذا در رستوران پالایشگاه، روش‌های پیشنهادی برخی از مطالعات در راستای کاهش پسماند غذایی از قبیل کنترل پرس غذا و جلوگیری از بیش از حد پرکردن (Overloading) بشقاب‌ها و ظروف توزیع غذا، تهیه مواد اولیه با کیفیت و تازه به صورت روزانه، پخت وعده‌های غذایی طبق برنامه هفتگی و ماهانه، بررسی انبار مواد غذایی و چک کردن تاریخ انقضا مواد، پایش سیستم‌های سرمایش و گرمایش نگهداری مواد اولیه، استفاده از سطل‌های جداگانه برای جمع‌آوری و حمل پسماندهای مختلف بکار می‌رود [۹، ۱۶، ۲۸]. به علاوه یافته‌های بدست آمده از بررسی وضعیت تفکیک از مبدا و روش‌های کاهش پسماند در مبدا در آشپزخانه و رستوران شرکت پالایش گاز ایلام نشان می‌دهد که با استاندارد و دستورالعمل FAO برای کاهش تولید پسماند در مبدا برای صنایع تامین مواد غذایی و دستورالعمل و گزارش UNEP در خصوص مشارکت بخش‌های دولتی- خصوصی برای کاهش اتلاف ضایعات مواد غذایی مطابقت دارد [۳۲، ۳۳]. توضیحات و تفسیر داده‌های ارائه شده در جدول شماره ۱ نشان می‌دهد که روزانه ۲۰۰/۷ کیلوگرم پسماند در رستوران این شرکت تولید می‌شود که در ۶ دسته جداسازی، توزین و مدیریت می‌شوند.

سهم هریک از این اجزا از مقدار کل پسماند تولیدی در رستوران که در شکل شماره ۲ ارائه شده است به ترتیب ۵۰/۳۲ درصد پسماند غذایی و ۴۹/۸۶ درصد پسماند قابل بازیافت (۲۱/۰۳ درصد مقوا و تتراپک، ۲۰/۱۳ درصد پلاستیک، ۷/۵۷ درصد منسوجات، ۰/۳۵ درصد چوب و ۰/۱۶ درصد فلزات) است. پسماندهای خشک و با ارزش از قبیل کارتن، فلزات، مقوا، تتراپک و پلاستیک جداسازی شده پس از توزین و به صورت هفتگی به شرکت‌های فعال در زمینه بازیافت در ازای دریافت هزینه تحویل داده می‌شود. همچنین پسماند غذایی (به طور میانگین ۱۰۱ کیلوگرم در روز) که بیشترین بخش پسماند رستوران (۵۰/۳۲ درصد) را تشکیل می‌دهد، به صورت هفتگی جهت امحا و دفن به یک شرکت جمع‌آوری پسماند در ازای پرداخت هزینه تحویل داده می‌شود.

طی مراحل تفکیک در آزمایشگاه جهت آماده سازی نمونه برای انجام آنالیزهای فیزیکوشیمیایی بر روی پسماند، مشخص گردید که نمونه علاوه بر، پسماند غذایی فقط شامل بخش کوچکی متشکل از دستمال کاغذی، خرده‌های پاکت کاغذی نمک یا سماق مرطوب

بوده است. همچنین رطوبت، مواد آلی، کربن آلی، کل نیتروژن، چربی و روغن، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی و نسبت کربن به نیتروژن آن به ترتیب برابر با ۷۰/۵، ۸۴، ۵۸/۸، ۲/۱، ۷/۶، ۶۸/۶۸ درصد، ۲۸ و مقدار pH معادل ۴/۹ بوده است.

جدول ۱- میانگین وزن پسماند رستوران به تفکیک اجزاء

Table 1- Average weight of restaurant waste by component

| ردیف   | نام اجزا پسماند                    | وزن پسماند تولیدی در هر بار پایش (Kg) |          |            |     |      |                                                                                        | توضیحات<br>(هر بخش از اجزا پسماند شامل چه پسماندهایی است) |
|--------|------------------------------------|---------------------------------------|----------|------------|-----|------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
|        |                                    | فصل پاییز                             | فصل بهار | میانگین کل |     |      |                                                                                        |                                                           |
| ۱      | پسماند آلی / غذایی                 | ۹۵                                    | ۱۰۰      | ۱۱۰        | ۱۰۰ | ۱۰۱  | باقیمانده غذا، سبزیجات، میوه، مواد خام دور ریختنی حین تهیه و طبخ غذا                   |                                                           |
| ۲      | کاغذ                               | -                                     | -        | -          | -   | -    | کیسه کاغذی، کاغذ بسته بندی، روزنامه، سربرگ، پاکت نامه                                  |                                                           |
| ۳      | مقوا و تراپک                       | ۵۰                                    | ۴۷       | ۳۹         | ۴۷  | ۴۲/۲ | جعبه مقوایی بیسکویت و کورن فلاکس، کامپوزیت ها و تراپک بسته بندی شیر، خامه، پنیر و .... |                                                           |
| ۴      | پلاستیک                            | ۴۰                                    | ۳۵       | ۳۰         | ۳۷  | ۴۰/۴ | انواع پلاستیک ها، کیسه خرید، بسته بندی پلاستیکی                                        |                                                           |
| ۵      | منسوجات                            | ۱۸                                    | ۱۴       | ۲۰         | ۱۴  | ۱۵/۲ | حوله، پنبه، دستمال کاغذی، دستمال مرطوب، دستمال تواله و منسوجات مراقبت بهداشتی          |                                                           |
| ۶      | لاستیک                             | -                                     | -        | -          | -   | -    | .....                                                                                  |                                                           |
| ۷      | چرم                                | -                                     | -        | -          | -   | -    | .....                                                                                  |                                                           |
| ۸      | پسماند باغبانی                     | -                                     | -        | -          | -   | -    | چمن زنی/ فضای سبز                                                                      |                                                           |
| ۹      | چوب                                | ۱                                     | ۰/۵      | -          | ۱   | ۰/۷  | سیخ های چوبی، خلال دندان                                                               |                                                           |
| ۱۰     | شیشه                               | -                                     | -        | -          | -   | -    | شیشه نوشیدنی، انواع شیشه های رنگی، لامپ های روشنایی و شیشه های مسطح                    |                                                           |
| ۱۱     | قوطی حلبی، آلومینیومی و سایر فلزات | -                                     | ۲        | ۱          | ۲   | ۱/۲  | قوطی نوشیدنی و کنسرو غذا                                                               |                                                           |
| ۱۴     | خاکروبه و خاکستر                   | -                                     | -        | -          | -   | -    | خاکروبه و خاکستر ناشی از نظافت محل                                                     |                                                           |
| جمع کل |                                    | ۲۰۰/۷                                 |          |            |     |      |                                                                                        |                                                           |

جدول ۲- پسماند تولیدی به ازای هر فرد در روز در رستوران

Table 2- Generated waste per capita per day in the restaurant

| وزن پسماند تولیدی در روز (kg) | تعداد کارکنان (نفر) | سرانه پسماند تولیدی (gr/day. person) |
|-------------------------------|---------------------|--------------------------------------|
| ۲۰۰/۷                         | ۱۶۷                 | کل پسماند                            |
| ۱۰۱                           | ۸۴                  | پسماند غذایی / آلی                   |
| ۹۹/۷                          | ۸۳                  | پسماند قابل بازیافت                  |

جدول ۳- نتایج آنالیز آماری ANOVA

Table 3- Results of ANOVA statistical analysis

| منبع واریانس | مجموع مربعات | درجات آزادی | میانگین مربعات | F    | P-value | F crit |
|--------------|--------------|-------------|----------------|------|---------|--------|
| بین گروهی    | ۲/۶۷         | ۱           | ۲/۶۷           | ۰/۰۹ | ۰/۷۸    | ۷/۷۱   |
| درون گروهی   | ۱۱۷/۳۳       | ۴           | ۲۹/۳۳          | -    | -       | -      |



جدول ۴- نتایج آنالیزهای فیزیکیوشیمیایی و فلزات سنگین پسماند غذایی  
Table 4- Food waste physicochemical and heavy metal analyses

| پارامتر                        | واحد اندازه گیری  | روش انجام آزمایش                          | نتایج |
|--------------------------------|-------------------|-------------------------------------------|-------|
| رطوبت                          | درصد              | روش UNEP 2013                             | ۷۰/۵۰ |
| درصد ماده خشک                  | درصد              |                                           | ۲۹/۵۰ |
| جامدات فرار (VS)               | mg/g              | Gravimetric (2540 E)                      | ۸۴۰   |
| جامدات ثابت (FS)               | mg/g              | Gravimetric (2540 D)                      | ۱۶۰   |
| چگالی یا دانسیته               | kg/m <sup>3</sup> | استاندارد ملی شماره ۱۶۸۶                  | ۶۲۴   |
| هدایت الکتریکی (EC)            | ms/cm             | استاندارد ملی شماره ۶۸۳۱ (روش عصاره گیری) | ۳/۸۲  |
| pH                             | ---               | استاندارد ملی شماره ۷۸۳۴ (روش عصاره گیری) | ۴/۹   |
| مواد آلی (OM)                  | درصد              | ASTM (Loss-on-Ignition)                   | ۸۴    |
| کل نیتروژن (TN)                | g/kg              | Macro kjeldahl (4500-N B)                 | ۲۱    |
| کل پتاسیم (TK)                 | mg/g              | استاندارد ملی شماره ۱۳۳۲۰                 | ۳۵/۷  |
| کل فسفر (TP)                   | mg/g              | روش رنگ سنجی (Chlorostannous)             | ۰/۱۵  |
| کربن آلی (CO)                  | g/kg              | ASTM(Walkley-Black)                       | ۵۸۸   |
| اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) | mg/g              | Closed Reflux-Titrimetric (5220 C)        | ۶۸۶/۸ |
| چربی و روغن (O&G)              | mg/g              | Partition- Gravimetric (5520 B)           | ۷۶    |
| نسبت کربن به نیتروژن (C/N)     | ---               | حاصل از تقسیم کربن آلی بر کل نیتروژن      | ۲۸    |

## بحث

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد، مقدار تولید پسماند غذایی در رستوران به طور میانگین ۱۰۱/۳ کیلوگرم در روز بوده که به مقدار پسماند تولیدی ۸۲ کیلوگرم در روز در مطالعه‌ای که توسط Dagiliūtė و همکاران در یک رستوران منتخب در لیتوانی انجام شد، نزدیک بوده است [۲۵]. همچنین مقدار کل پسماند تولیدی از مطالعه انجام شده در تعداد ۱۰ مدرسه در مالزی ۱۶۲/۸ کیلوگرم در روز و در مطالعه حاضر پسماند غذایی تولیدی ۱۰۱/۳ کیلوگرم در روز بدست آمد [۲۴]. اما مقدار پسماند تولید شده در این مطالعه نسبت به مقدار متناظر آن یعنی ۳۱۲ کیلوگرم در روز در مطالعه‌ای که توسط Zotesso و همکاران در کافه تریای یک دانشگاه در برزیل انجام شد، بسیار کمتر و حدود یک سوم آن مقدار بوده است [۱۰] و این درحالی است که تغییرات فصلی و وعده‌های غذایی توزیع شده حین انجام مطالعه بر مقدار پسماند تولیدی تاثیرگذار است [۲۵].

درصد اجزای تشکیل دهنده پسماند تولیدی از جدول شماره ۱ نشان داد که پسماند غذایی ۵۰/۳۲ درصد و پسماند قابل بازیافت ۴۹/۸۶ درصد بوده که شامل ۲۱/۰۳ درصد مقوا و تتراپک، ۲۰/۱۳ درصد پلاستیک، ۷/۵۷ درصد منسوجات، ۰/۳۵ درصد چوب و ۰/۶ درصد فلزات است؛ لذا با درصد مقوا و تتراپک، پلاستیک و پسماند غذایی با پسماند تولیدی

از غذاخوری ۱۰ مدرسه در مالزی که به ترتیب ۱۴، ۱۸ درصد برآورد شده است تا مقدار زیادی همخوانی دارد [۲۴]. با این وجود در خصوص پسماند غذایی این مطابقت وجود ندارد چرا که سهم پسماند غذایی برآورد شده در مطالعه مالزی حدود ۶۲ درصد و در مطالعه Dagiliūtė و همکاران نزدیک به ۸۰ درصد برآورد شده است که بسیار متفاوت تر از مقدار بدست آمده در این مطالعه (۵۰ درصد) است [۲۴، ۲۵].

سرانه پسماند غذایی تولیدی در دو مطالعه جدا که توسط Kasavan و همکاران در مالزی، Boschini و همکاران، Tatano و همکاران در ایتالیا و Filimauro و همکاران در انگلستان به ترتیب بر روی غذاخوری‌های ۱۰ مدرسه، غذاخوری ۷۸ مدرسه، یک رستوران غذای ایتالیایی و رستوران غذای چینی انجام شده است، سرانه پسماند غذایی تولید شده به ترتیب ۱۹/۶، ۱۸۰، ۲۰۰ گرم و ۱۳۸ گرم در روز به ازای هر دانش‌آموز یا مشتری برآورد شده است. این درحالی است که سرانه پسماند غذایی تولیدی در این مطالعه ۸۴ گرم در روز به ازای هر فرد به دست آمده است که بسیار کمتر یا بیشتر از مطالعات پیشین است و با نتایج آنها تطابق ندارد [۲۴، ۲۷، ۲۸]. سرانه پسماند غذایی تولید شده در مطالعه حاضر با مطالعه Wang و همکاران که مقدار میانگین آن به ازای هر نفر در روز را ۹۳ گرم در ۱۹۵ رستوران در چین به دست آمده است، تقریباً اختلاف بسیار کمی داشته و می‌توان گفت مطابقت دارد [۲۶]. هرچند که در برخی مطالعات به وجود تفاوت معنی دار بین مقدار و سرانه

عنوان کود، خوراک دام و سوخت را داشته باشد [۵،۳۵]. در حال حاضر انواع مختلفی از رویکردها و روش‌های سازگار با محیط زیست در پردازش و مدیریت پسماند غذایی به عنوان انرژی، مواد مغذی و اصلاح‌کننده وجود دارد که می‌تواند در تامین نیازهای روز افزون انرژی جوامع کمک‌کننده باشد [۴].

### تبدیل پسماند به اصلاح‌کننده خاک

کمپوست‌سازی هوازی و ورمی کمپوست دو روش بیولوژیکی مؤثر در تبدیل پسماندهای آلی به اصلاح‌کننده خاک محسوب می‌شوند [۳۸،۳۹]. فرآیند کمپوست‌سازی به واسطه فعالیت میکروارگانیسم‌هایی نظیر باکتری‌ها، قارچ‌ها و اکتینومیسیت‌ها انجام می‌گیرد [۴۰]، در حالی که ورمی کمپوست توسط گونه‌های خاصی از کرم‌ها مانند *Isonia foetida* و *Lumbricus rubellis* صورت می‌گیرد [۴۱،۴۲]. این دو روش با اینکه شباهت‌هایی در شرایط راهبری دارند اما از نظر کیفیت محصول نهایی و نوع پسماند یا خوراک اولیه تفاوت‌هایی دارند [۴۳]. پسماندهای غذایی رستوران‌ها به دلیل خلوص بالا، محتوای رطوبت و نسبت کربن به نیتروژن مناسب، به‌عنوان ماده اولیه مطلوب شناخته شده و عدم نیاز به فرآیند تفکیک در این نوع پسماندها، موجب کاهش هزینه‌ها و زمان فرآیند می‌گردد [۳۹،۴۲]. بنابراین، استفاده از پسماند غذایی در کمپوست‌سازی و ورمی کمپوست، راهکاری پایدار و اقتصادی برای مدیریت پسماند و اصلاح خاک محسوب می‌شود [۳۵].

### تبدیل پسماند به انرژی

یکی از روش‌های تولید سوختی پاک، باکیفیت و دارای قابلیت جایگزینی با سوخت‌های فسیلی، استفاده از زیست توده است که می‌تواند دربرگیرنده انواع پسماندها و پساب‌های آلی شهری، کشاورزی و صنعتی باشد. [۴۴]. پسماندهای غذایی شهری و شرکت‌های صنعتی به دلیل ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی مناسب نظیر رطوبت و محتوای آلی بالا، بستر ایده‌آلی برای تولید انرژی از طریق فرآیندهای هضم بی‌هوازی و تخمیر تاریکی هستند [۳۵،۴۵،۴۶] که منجر به تولید گازهای زیستی نظیر متان و هیدروژن با قدرت احتراقی بالا و آلودگی محیطی کم می‌شوند [۴۰،۴۴]. دفن هر یک هزار تن (۹۰۷ تن) پسماند غذایی در طی ۳۰ سال سبب انتشار ۳۴ تن گاز متان (گاز گلخانه‌ای) می‌شود که معادل تقریباً ۳۴ کیلوگرم متان به ازای هر تن پسماند است [۴۷]. در شرکت پالایش گاز ایلام، با مدیریت صحیح و جلوگیری از دفن روزانه ۱۰۰ کیلوگرم پسماند غذایی سالانه می‌توان از انتشار تقریباً ۳/۴ کیلوگرم متان جلوگیری به عمل آورد. به علاوه دفن هر یک تن پسماند غذایی بسته به میزان رطوبت و چگالی آن به ۱ الی ۵ مترمکعب فضا نیاز دارد [۴۸]. با در نظر گرفتن چگالی پسماند غذایی تولید شده در این مطالعه ( $624 \text{ kg/m}^3$ ) و مقدار ۱۰۰ کیلوگرم پسماند تولید شده در روز، فضایی معادل ۰/۱۶ مترمکعب روزانه و ۵۹ متر مکعب سالانه برای دفن پسماند لازم است. با این حال، در برخی

پسماند تولیدی با تغییرات فصلی و تعداد مشتریان رستوران یا غذاخوری حین انجام مطالعه اشاره شده است [۲۵] اما در مطالعه حاضر تفاوت معنی داری بین آمار مقدار پسماند غذایی تولید شده در فصل‌های پاییز و بهار وجود نداشته و می‌توان گفت به علت وجود برنامه منظم غذایی به صورت هفتگی یا ماهانه، روند تولید پسماند غذایی در این شرکت طی فصول ثابت بوده و متاثر از زمان نمونه‌گیری نمی‌باشد.

بررسی اجزا پسماند غذایی مورد مطالعه در این تحقیق نشان داد که با تجزیه و تحلیل نوع شناختی گروه‌های مختلف مواد غذایی انجام شده در مطالعات پیشین در این زمینه همخوانی دارد که در آن اجزای پسماند غذایی به طور کلی به سه گروه مواد غذایی با فیبر بالا (به عنوان مثال پوست میوه‌ها و سبزیجات مصرف نشده)، نشاسته (دورریز نان، برنج، ماکارونی و حبوبات)، محتوای پروتئین (باقیمانده گوشت، مرغ و ماهی) تقسیم شده است [۲۶،۳۴]. بررسی ترکیبات شیمیایی پسماند غذایی در این مطالعه نشان داد که نتایج به‌دست‌آمده با یافته‌های تحقیق Ka Sin Ho و همکاران، که به مدت یک سال به پایش پسماند غذایی در پنج محل مختلف شامل هتل، رستوران، آشپزخانه، بازار و منزل پرداخته بودند، همخوانی دارد. در آن تحقیق، مقادیر pH در بازه ۱/۴ تا ۲/۵، رطوبت بین ۵۸ تا ۸۵ درصد، محتوای ماده خشک بیش از ۲۶ درصد و مواد آلی بیش از ۸۰ درصد گزارش شده بود [۳۵]. اما مقادیر چربی و روغن و نسبت کربن به نیتروژن به دست آمده در مطالعه حاضر (به ترتیب ۷/۶ درصد و ۲۸) با مقادیر متناظر بدست آمده در مطالعه ذکر شده (به ترتیب بیش از ۱۳ درصد و حداکثر ۱۸/۵) مطابقت ندارد [۳۵].

همچنین نتایج بدست آمده از مطالعه Pagliaccia و همکاران که بر روی سه نوع پسماند آلی از جمله بخش آلی پسماند شهری، پسماند آشپزخانه (باقیمانده مواد غذایی پخته شده) و پسماند سبزیجات (پوست و تفاله میوه و سبزیجات) جمع‌آوری شده از یک کافه تریا در یک مرکز تحقیقاتی برای هضم بی‌هوازی انجام شد، نشان داد که مقادیر نیتروژن (۱/۳ - ۲/۹ درصد) و pH (۴/۷ - ۴/۶) با مقادیر بدست آمده در این مطالعه (۲/۱ درصد) همخوانی دارد. با این حال مقادیر آنالیز شده COD در مطالعه ( $686/8 \text{ mg/g}$ ) حاضر تقریباً دو برابر مقادیر متناظر آن در مطالعه ذکر شده است ( $55 - 350 \text{ g/kg}$ ) و از نظر مقادیر اکسیژن مورد نیاز شیمیایی این مطابقت وجود ندارد [۳۶].

### روش‌های مناسب مدیریت پسماند رستورانی

برخلاف پسماند شهری که به علت دارا بودن مواد خشک با ارزش قابل بازیابی، پیش از انجام هرگونه فرآیند بازیابی و مدیریت نیازمند جداسازی و پردازش هستند [۳۷]. پسماند غذایی تولید شده در رستوران‌ها به علت تفکیک از میدا در حین آماده‌سازی، پخت و فرآوری غذا، اجزای با ارزش و قابل بازیافت تفکیک شده و پسماند آلی رستوران تقریباً خالص بوده و به صورت بسیار جزیی و به ندرت دارای اجزای غیر قابل تجزیه از قبیل پلاستیک و فلزات است که سبب می‌شود پتانسیل بالقوه بازیابی به

## نتیجه گیری

روند سریع و رو به رشد تولید پسماند غذایی به خصوص پسماند رستوران‌ها و عدم مدیریت صحیح آن سبب بروز مشکلات محیط زیستی، گرمایش جهانی، زیان‌های اقتصادی، به خطر افتادن سلامت جامعه و امنیت غذایی می‌شود. بنابراین اتخاذ رویکرد مدیریتی مناسب برای کاهش آلودگی و بار مسئولیت این پسماندها، ارائه راهکار مدیریتی مناسب و تبدیل چالش‌های بوجود آمده به واسطه پسماندها به فرصت امری ضروری است. لذا در این راستا، در این مطالعه به بررسی وضعیت پسماند تولیدی در رستوران شرکت پالایش گاز ایلام و ارزیابی مشخصات کمی و کیفی پسماند غذایی تولیدی پرداخته شده است.

یافته‌های حاصل از این مطالعه حاکی از آن است که مقدار کل پسماند تولیدی روزانه رستوران ۲۰۰/۷ kg بوده که شامل ۵۰/۳۲ درصد پسماند غذایی (۱۰۱ kg) و ۴۹/۶۸ درصد پسماند قابل بازیافت (kg) (۹۹/۷) است. همچنین سرانه کل پسماند تولیدی، سرانه پسماند غذایی و سرانه پسماند قابل بازیافت به ترتیب ۱۶۷، ۸۴ و ۸۳ گرم در روز به ازای هر فرد بدست آمد. به علاوه داده‌های به دست آمده از آنالیز مشخصات کیفی پسماند غذایی نشان داد که رطوبت، مواد آلی، کربن آلی، کل نیتروژن، چربی و روغن، COD، C/N، pH و چگالی به ترتیب برابر با ۷۰/۵، ۸۴، ۵۸/۸، ۲/۱، ۷/۶، ۶۸/۶۸ درصد، ۲۸، ۴/۹ و  $\text{kg/m}^3$  ۶۲۴ بوده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که امر تفکیک به صورت اصولی در رستوران در حال انجام است و پسماندهای غیر آلی تفکیک شده از قبیل کارتن، فلزات، مقوا، تتراپک و پلاستیک جداسازی شده پس از توزین به صورت هفتگی به شرکت‌های فعال در زمینه بازیافت در ازای دریافت هزینه تحویل داده می‌شود. همچنین یافته‌ها نشان می‌دهد که مقادیر پسماند تولیدی رستوران مورد مطالعه بسیار کمتر از مقادیر متناظر تولیدی در مطالعات مشابه است. به علاوه بررسی مشخصات کیفی پسماند غذایی تولید شده در این رستوران، به دلیل خالص بودن پسماند غذایی و مقادیر مواد آلی، رطوبت، COD و C/N نشان‌دهنده قابلیت پسماند غذایی رستوران به عنوان خوراک اولیه در انواع فرآورده‌های بیولوژیکی از جمله هضم بی‌هوازی، تخمیر تاریکی، کمپوست، ورمی کمپوست و پرورش لارو مگس سرباز سیاه به منظور تولید انرژی و سوخت زیستی، کود و اصلاح کننده خاک و تولید محصول به عنوان خوراک دام، طیور، آبزیان و حیوانات خانگی است.

## تشکر و قدردانی

این مطالعه بخشی از پروژه کارفرمایی اجرا شده در پژوهشکده علوم پایه کاربردی جهاد دانشگاهی شهید بهشتی می‌باشد. لذا نویسندگان این مقاله از افراد همکار در پروژه و شرکت پالایش گاز ایلام تقدیر و تشکر به عمل می‌آورند.

صنایع مانند پالایشگاه‌های گاز، موانعی از جمله هزینه‌های سرمایه‌ای بالا، مباحث ایمنی، دوره طولانی بازگشت سرمایه و عدم زیرساخت‌های لازم، انگیزه‌ای برای بهره‌برداری از انرژی زیستی ایجاد نکرده است، که این چالش‌ها نیازمند راهکارهای فناورانه و سیاست‌گذاری مناسب برای تسهیل بهره‌برداری اقتصادی و ایمن از بیوگاز می‌باشد [۴۹].

## تبدیل پسماند به خوراک دام و طیور

استفاده از ضایعات غذایی به عنوان خوراک دام و طیور، ضمن کاهش هزینه‌های تغذیه و مدیریت پسماند، با چالش‌های میکروبی و شیمیایی نظیر حضور پاتوژن‌ها، آنتی‌بیوتیک‌ها و فلزات سنگین همراه است [۵۰، ۵۱]. که نیازمند اعمال عملیات حرارتی و کنترل دقیق آلاینده‌هاست [۵۲]. بازیافت ضایعات غذایی و جایگزینی آن با جیره غذایی حیوانات از پروژه‌هایی است که توسط کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه مانند، ژاپن، کره جنوبی، آمریکا، مالزی، سنگاپور به عنوان راه حل برای پسماند غذایی توسعه یافته است [۵۳، ۵۴]. در مراکز پرورش دام و طیور، بخش عمده هزینه‌های عملیاتی به تامین خوراک اختصاص دارد، بنابراین استفاده از خوراک ارزان و مغذی می‌تواند هزینه تولید و قیمت نهایی را کاهش دهد [۵۵]. مدیریت بهینه ضایعات غذایی برای تولید خوراک دام و طیور علاوه بر کاهش هزینه‌های دفع پسماند، به کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی و کاهش واردات منابع خوراک کمک می‌کند [۵۶]. یکی از روش‌های موثر، پرورش لارو مگس سرباز سیاه است که ضایعات غذایی را به خوراک پروتئینی و کود آلی با کیفیت تبدیل می‌کند که طی این روش علاوه بر مدیریت پسماند و تبدیل آن به یک کود با کیفیت مشابه ورمی کمپوست تحت عنوان فرس (Frass) و لارو مگس تولید می‌شود که به علت بالا بودن مقادیر پروتئین، چربی و مواد مغذی موجود در بافت آن، به عنوان خوراک دام، طیور، ماهی و حتی حیوانات خانگی نیز استفاده می‌شود [۵۷، ۵۸]. مدیریت پسماند با استفاده از پرورش لارو مگس علاوه بر استفاده از انواع پسماندهای آلی، چرخه اقتصاد دایره‌ای را تکمیل کرده [۵۹، ۵۸، ۵۴] و رد پای کربنی بسیار کمتری نسبت به کمپوست‌سازی و تولید گاز زیستی دارد [۶۰]. همچنین برخلاف فرآورده‌های هضم بی‌هوازی، تولید لجن ندارد و نیازمند مدیریت ثانویه نمی‌باشد [۶۱، ۶۲، ۵۴].

موانع پرورش لارو BSF در مقیاس کوچک شامل چندین چالش بیولوژیکی، فنی، عملیاتی و زیست‌محیطی از جمله چالش‌های مربوط به دانش و امکانات مربوط به جفت‌گیری، تخم‌گذاری و جمع‌آوری لارو به صورت پیوسته برای مقایسه کوچک، احتمال شیوع بیماری در محل و دستکاری غیرعمدی در گونه‌های جانوری و حشرات منطقه در صورت فرار به محیط باز، پیچیدگی‌های فنی و عملیاتی برای تامین شرایط رشد و نمو لارو و عدم امکان استفاده از محصول لارو تولید شده در محل پالایشگاه می‌شود [۶۳].



## تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند هیچگونه تضاد یا تعارض منافی ندارند.

## تامین مالی مقاله

حمایت مالی مطالعه حاضر با کد طرح ۳۱۰۷۰۶ توسط شرکت پالایش گاز ایلام صورت گرفته است.

## ملاحظات اخلاقی

این مطالعه ملاحظات اخلاقی ندارد.

## مشارکت مولفین

ایده و طراحی مطالعه: شعله مصنفی، یدالله توان، رضا رستم‌نیا.  
جمع‌آوری داده‌ها: شعله مصنفی، الهه پورفخرایی.

تحلیل و تفسیر داده‌ها: شعله مصنفی، الهه پورفخرایی.

نگارش پیش‌نویس مقاله: شعله مصنفی، الهه پورفخرایی.

بازبینی انتقادی مقاله از نظر محتوای علمی: یدالله توان، رضا رستم‌نیا.

تجزیه و تحلیل آماری: الهه پورفخرایی، شعله مصنفی.

حمایت‌های اداری، فنی و پشتیبانی: الهه پورفخرایی، رضا رستم‌نیا، یدالله توان.

نظارت بر مطالعه: الهه پورفخرایی، رضا رستم‌نیا، یدالله توان.

## استفاده از هوش مصنوعی

بدین وسیله اعلام می‌شود که در تدوین این مقاله از هوش مصنوعی استفاده نشده است.

## References

- 1-Filimonau V, Fidan H, Alexieva I, Dragoev S, Marinova DD. Restaurant food waste and the determinants of its effective management in Bulgaria: An exploratory case study of restaurants in Plovdiv. *Tourism Management Perspectives* 2019; 32:100577. Doi: 10.1016/j.tmp.2019.100577.
- 2- Derqui B, Fernandez V. The opportunity of tracking food waste in school canteens: Guidelines for self-assessment. *Waste Management* 2017; 69:431-44.
- 3-FAO. Towards the future we want: End hunger and make the transition to sustainable agricultural and food systems. 1st ed. Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations 2012.
- 4-Paritosh K, Kushwaha SK, Yadav M, Pareek N, Chawade A, Vivekanand V. Food waste to energy: An overview of sustainable approaches for food waste management and nutrient recycling. *BioMed Research International* 2017;1-19. Doi:10.1155/2017/2370927.
- 5- Carmona-Cabello M, García I, Sáez-Bastante J, Pinzi S, Koutinas A, Dorado M. Food waste from restaurant sector—Characterization for biorefinery approach. *Bioresource Technology* 2020; 301:122779. Doi: 10.1016/j.biortech.2020.122779.
- 6-Tatàno F, Caramiello C, Paolini T, Tripolone L. Generation and collection of restaurant waste: Characterization and evaluation at a case study in Italy. *Waste Management* 2017; 61:423-42.
- 7- OjikutuAbimbola O, Osokoya Olumide O. Evaluation of biogas production from food waste. *The International Journal of Engineering and Science* 2014; 3(1):1-7.
- 8- Tchobanoglous G, Theisen H, Vigil S. Integrated solid waste management: Engineering principles and management issues. 1st ed. USA: McGraw-Hill 1993.
- 9-Singh SK, Kaushik V, Soni S, Lamba N. Waste management in restaurants: A review. *International Journal of Emerging Engineering Research and Technology* 2014; 2(2):14-24.
- 10- Zotesso J, Cossich E, Colares L, Tavares C. Analysis of solid waste generation in a university Cafeteria In Brazil: A case study. *Environmental Engineering & Management Journal* 2015; 15(10):2327-36.
- 11-Mosanefi Sh, Alavi Bakhtiarvand N, Eslami A, Sadani M. Leachate pollution index evaluation of Sanandaj municipal landfill. *Journal of Health in the Field* 2024; 12(2):1-11 (In Persian).
- 12- Sharma P, Gaur VK, Kim SH, Pandey A. Microbial strategies for bio-transforming food waste into resources. *Bioresource Technology* 2020; 299:122580. Doi: 10.1016/j.biortech.2019.122580.
- 13-Ojha S, Bußler S, Schlüter OK. Food waste valorisation and circular economy concepts in insect production and processing. *Waste Management* 2020; 118:600-09.
- 14-Burzyńska I. Monitoring of selected fertilizer nutrients in surface waters and soils of agricultural land in the river valley in Central Poland. *Journal of Water and Land Development* 2019; 43:41-48.
- 15-Eriksson M, Osowski CP, Björkman J, Hansson E, Malefors C, Eriksson E, et al. The tree structure—A general framework for food waste quantification in food

- services. Resources, Conservation and Recycling 2018; 130:140-51.
- 16- Dhir A, Talwar S, Kaur P, Malibari A. Food waste in hospitality and food services: A systematic literature review and framework development approach. Journal of Cleaner Production 2020; 270:122861. Doi: 10.1016/j.jclepro.2020.122861.
- 17- Hennchen B. Knowing the kitchen: Applying practice theory to issues of food waste in the food service sector. Journal of Cleaner Production 2019; 225:675-83.
- 18- Olszewska MA, Gędas A, Simões M. Antimicrobial polyphenol-rich extracts: Applications and limitations in the food industry. Food Research International 2020; 134:109214. Doi: 10.1016/j.foodres.2020.109214.
- 19- Garnida Y, Rudiansyah M, Yasin G, Mahmudiono T, Kadhim AJ, Sharma S, et al. Investigation of parameters in restaurant food waste for use as poultry rations. Food Science and Technology 2022; 42:e118621. Doi: 10.1590/fst.118621.
- 20- Mousavi SF, Gholami Borujeni F. Study of changes in household waste production pattern before and after the coronavirus outbreak in Mazandaran province in 2020. Journal of Health in the Field 2021; 9(1):53-67 (In Persian).
- 21- Närvänen E, Mesiranta N, Mattila M, Heikkinen A. Food waste management. 1st ed. Switzerland: Springer International Publishing 2020.
- 22- Ramachandra T. Management of municipal solid waste. 1st ed. India: The Energy and Resources Institute (TERI) 2006.
- 23- Pirani SI, Arafat HA. Solid waste management in the hospitality industry: A review. Journal of environmental Management 2014; 146:320-36.
- 24- Kasavan S, Ali NIM, Masarudin NA. Quantification of solid waste in school canteens-a case study from a Hulu Selangor municipality, Selangor. Journal of the Malaysian Institute of Planners 2020; 18(1):160-71.
- 25- Dagiliūtė R, Musteikytė A. Food waste generation: Restaurant data and consumer attitudes. Environmental Research, Engineering and Management 2019; 75(2):7-14.
- 26- Wang LE, Liu G, Liu X, Liu Y, Gao J, Zhou B, et al. The weight of unfinished plate: A survey based characterization of restaurant food waste in Chinese cities. Waste Management 2017; 66:3-12.
- 27- Filimonau V, Nghiem VN, Wang LE. Food waste management in ethnic food restaurants. International Journal of Hospitality Management 2021; 92:102731. Doi: 10.1016/j.ijhm.2020.102731.
- 28- Boschini M, Falasconi L, Cicatiello C, Franco S. Why the waste? A large-scale study on the causes of food waste at school canteens. Journal of Cleaner Production 2020; 246:118994. Doi: 10.1016/j.jclepro.2019.118994.
- 29- Papargyropoulou E, Wright N, Lozano R, Steinberger J, Padfield R, Ujang Z. Conceptual framework for the study of food waste generation and prevention in the hospitality sector. Waste Management 2016; 49:326-36.
- 30- Zhang R, El-Mashad HM, Hartman K, Wang F, Liu G, Choate C, et al. Characterization of food waste as feedstock for anaerobic digestion. Bioresource Technology 2007;98(4):929-35.
- 31- ASTM. Standard test method for determination of the composition of unprocessed municipal solid waste. Available from: <https://store.astm.org/d5231-92r16.html>. Accessed Jun 06, 2024.
- 32- Herszenhorn E, Qusted T, Eastel S, Prowse G, Lomax J, Bucatariu C. Prevention and reduction of food and drink waste in businesses and households: guidance for governments, local authorities, businesses and other organizations. 1st ed. USA: United Nations Environment Programme 2014.
- 33- Forbes H, Peacock E, Abbot N, Jones M. Food waste index report 2024: Think eat save – tracking progress to halve global food waste. 1st ed. USA: Think Eat Save 2024.
- 34- Bayard R, Benbelkacem H, Gourdon R, Buffière P. Characterization of selected municipal solid waste components to estimate their biodegradability. Journal of Environmental Management 2018; 216:4-12.
- 35- Ho KS, Chu LM. Characterization of food waste from different sources in Hong Kong. Journal of the Air & Waste Management Association 2019; 69(3):277-88.
- 36- Pagliaccia P, Gallipoli A, Gianico A, Gironi F, Montecchio D, Pastore C, et al. Variability of food waste chemical composition: Impact of thermal pre-treatment on lignocellulosic matrix and anaerobic biodegradability. Journal of Environmental Management 2019; 236:100-07.
- 37- Soni A, Chakraborty S, Das PK, Saha AK. Material selection of sustainable composites by recycling of waste plastics and agro-industrial waste for structural applications: A fuzzy group decision-making approach. Journal of Building Engineering 2023; 73:106787. Doi: 10.1016/j.job.2023.106787.
- 38- Yattoo AM, Ali MN, Baba ZA, Hassan B. Sustainable management of diseases and pests in crops by vermicompost and vermicompost tea. A review. Agronomy for Sustainable Development 2021; 41(1):7. Doi: 10.1007/s13593-020-00657-w.
- 39- Palaniveloo K, Amran MA, Norhashim NA, Mohamad-Fauzi N, Peng-Hui F, Hui-Wen L, et al. Food waste composting and microbial community structure profiling. Processes 2020; 8(6):723. Doi: 10.3390/pr8060723.

- 40- Jalali S, Alavi NA, Saeedi R, Abtahi M. Feasibility study on odor reduction in the composting process of municipal organic waste by adding odor-reducing compounds. *Journal of Health in the Field* 2024; 12(3):22-31 (In Persian).
- 41- Khalid H, Ikhlaiq A, Pervaiz U, Wie YM, Lee EJ, Lee KH. Municipal Waste degradation by Vermicomposting using a combination of *eisenia fetida* and *lumbricus rubellus* species. *Agronomy* 2023; 13(5):1370. Doi: 10.3390/agronomy13051370.
- 42- Garg VK, Suthar S, Yadav A. Management of food industry waste employing vermicomposting technology. *Bioresource Technology* 2012; 126:437-43.
- 43- Al-Tawarah B, Alasasfa MA, Mahadeen AY. Efficacy of compost and vermicompost on growth, yield and nutrient content of common Beans crop (*Phaseolus vulgaris* L). *Journal of Ecological Engineering* 2024; 25(2):215-26.
- 44- Wang J, Yin Y. *Biohydrogen production from organic wastes*. 1st ed. Switzerland: Springer 2017.
- 45- Sahota S, Kumar S, Lombardi L. Biohythane, biogas, and biohydrogen production from food waste: Recent Advancements, technical bottlenecks, and prospects. *Energies* 2024; 17(3):666. Doi: 10.3390/en17030666.
- 46- Mirmohamadsadeghi S, Karimi K, Tabatabaei M, Aghbashlo M. Biogas production from food wastes: A review on recent developments and future perspectives. *Bioresource Technology Reports* 2019; 7:100202. Doi: 10.1016/j.biteb.2019.100202.
- 47- Krause M, Kenny S, Stephenson J, Singleton A. Quantifying methane emissions from landfilled food waste. 1st ed. USA: US EPA Office of Research and Development, Washington, DC 2023.
- 48- Tchobanoglous G, Kreith F. *Handbook of solid waste management*. 2nd ed. USA: McGraw-Hill 2002.
- 49- Usack JG. An evaluation of the barriers to anaerobic digestion technology implementation for energy production and waste stabilization on dairy farms. 1st ed. USA: Cornell University 2016.
- 50- Haapapuro ER, Barnard ND, Simon M. Animal waste used as livestock feed: Dangers to human health. *Preventive Medicine* 1997; 26(5):599-602.
- 51- Sapkota AR, Lefferts LY, McKenzie S, Walker P. What do we feed to food-production animals?. A review of animal feed ingredients and their potential impacts on human health. *Environmental Health Perspectives* 2007; 115(5):663-70.
- 52- Dame-Korevaar A, Boumans IJ, Antonis AF, Van Klink E, De Olde EM. Microbial health hazards of recycling food waste as animal feed. *Future Foods* 2021; 4:100062. Doi: 10.1016/j.fufo.2021.100062.
- 53- Sakaguchi L, Pak N, Potts MD. Tackling the issue of food waste in restaurants: Options for measurement method, reduction and behavioral change. *Journal of Cleaner Production* 2018; 180:430-36.
- 54- Amrul NF, Kabir Ahmad I, Ahmad Basri NE, Suja F, Abdul Jalil NA, Azman NA. A review of organic waste treatment using black soldier fly (*Hermetia illucens*). *Sustainability* 2022; 14(8):4565. Doi: 10.3390/su14084565.
- 55- Chander M, Kannadhasan MS. Landless animal and poultry production prospects: an overview on feeding and sustainability with special reference to fruit and vegetable wastes (FVWs). *Organic Agriculture* 2021; 11(2):285-300.
- 56- Seidavi AR, Azizi M, Ragni M, Laudadio V, Tufarelli V. Practical applications of agricultural wastes in poultry feeding in Mediterranean and Middle East regions. Part 2: Tomato, olive, date, sunflower wastes. *World's Poultry Science Journal* 2018; 74(3):443-52.
- 57- Diener S, Studt Solano NM, Roa Gutiérrez F, Zurbrugg C, Tockner K. Biological treatment of municipal organic waste using black soldier fly larvae. *Waste and Biomass Valorization* 2011; 2:357-63.
- 58- Kim CH, Ryu J, Lee J, Ko K, Lee JY, Park KY, et al. Use of black soldier fly larvae for food waste treatment and energy production in Asian countries: A review. *Processes* 2021; 9(1):161. Doi: 10.3390/pr9010161.
- 59- Gold M, Mathys A. Waste recycling with fly larvae: From science to practice. In *Italian national academy of entomology, roundtable: Edible insects: From biology to applications*. ETH Zurich, Sustainable Food Processing 2022:115-17.
- 60- Pang W, Hou D, Chen J, Nowar EE, Li Z, Hu R, et al. Reducing greenhouse gas emissions and enhancing carbon and nitrogen conversion in food wastes by the black soldier fly. *Journal of Environmental Management* 2020; 260:110066. Doi: 10.1016/j.jenvman.2020.110066.
- 61- Kovalev AA. Energy analysis of the system of two-stage anaerobic processing of liquid organic waste with production of hydrogen-and methane-containing biogases. *International Journal of Hydrogen Energy* 2021; 46(63):31995-002.
- 62- Albini E, Pecorini I, Ferrara G. Improvement of digestate stability using dark fermentation and anaerobic digestion processes. *Energies* 2019; 12(18):3552. Doi: 10.3390/en12183552.
- 63- Barrett M, Chia SY, Fischer B, Tomberlin JK. Welfare considerations for farming black soldier flies, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae): A model for the insects as food and feed industry. *Journal of Insects as Food and Feed* 2023; 9(2):119-48.



Journal homepage: <https://journals.sbmu.ac.ir/jhf>



## **Assessment of quantitative and qualitative characteristics of food waste in Ilam gas refinery restaurant and proposal of management strategies**

**Shole Mosanefi<sup>1</sup> , Elaheh Pourfakhraei\*<sup>1</sup> , Reza Rostamniya<sup>2</sup> , Yadollah Tavan<sup>2</sup> **

<sup>1</sup> Department of Industrial and Environmental Biotechnology, Research Institute of Applied Science (ACECR), Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

<sup>2</sup> Engineering & Development Department of Ilam Gas Refining Company, Ilam, Iran.

### **Abstract**

**Background and Aims:** It is necessary to adopt an appropriate management approach to reduce the pollution burden of restaurant food waste due to the potential for environmental problems and economic losses. To this end, this study examines the waste production status in Ilam Gas Refining Company restaurant and evaluates the quantitative and qualitative characteristics of the waste produced.

**Materials and Methods:** Waste segregation and the total amount of waste generated were evaluated over seven working days in two seasons of the year. To determine the characteristics of restaurant food waste, daily composite sampling was conducted, and physicochemical analyses were performed according to standard methods. Ethical considerations were observed throughout the study.

**Results:** Total amount of daily generated waste by the restaurant was 200.7 kg, which consists of 50.32% food waste and 49.68% recyclable waste. Total waste, food waste, and dry waste are 167, 84, and 83g per day per capita, respectively. The qualitative analysis of the food waste showed that the moisture, organic matter, organic carbon, total nitrogen, fat and oil, required chemical oxygen, C/N ratio, pH, and density were 70.5%, 84%, 58.8%, 2.1%, 7.6%, 68.68%, 28, 4.9, and 624 kg/m<sup>3</sup>, respectively.

**Conclusion:** The results of this study indicated that waste segregation at the source was well implemented and the amount of waste generated by the restaurant was very low. The qualitative characteristics of the food waste suggest its potential use as a primary feedstock in dark fermentation, anaerobic digestion for energy production, composting, vermicomposting, and black soldier fly larval production for the generation of fertilizer and animal and poultry feed.

**Keywords:** Restaurant waste; Quantitative and qualitative characteristics; Waste management.

**Please cite this article as:** Mosanefi Sh, Pourfakhraei E, Rostamniya R, Tavan Y. Assessment of quantitative and qualitative characteristics of food waste in Ilam gas refinery restaurant and proposal of management strategies. Journal of Health in the Field 2025; 13(1):47-57. **Doi:** <https://doi.org/10.22037/jhf.v13i1.47286>.

**Corresponding Author:** Department of Industrial and Environmental Biotechnology, Research Institute of Applied Science (ACECR), Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

**Corresponding Author:** Department of Industrial and Environmental Biotechnology, Research Institute of Applied Science (ACECR), Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

**Email:** [pourfakhraei@acecr.ac.ir](mailto:pourfakhraei@acecr.ac.ir)

**Received:** 13 January 2025

**Accepted:** 8 June 2025