DOI: 10.22059/ijbse.2019.257865.665062 مهندسی بیوسیستم ایران، دوره۵۰، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۸ (ص ۵۷۹-۵۶۹)

Evaluating the Energy Flow and Environmental Effects of Cake Production in Guilan Province by Life Cycle Assessment Approach

MAJID KHANALI[1*], ASADOLLAH AKRAM[2], MAHDIEH MOHAMMADNIA GALESHKLAMEI[3], HOMA HOSSEINZADEH BNDBAFHA[4], BEHZAD ELHAMI[5]

1. Assistant Professor, Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering and Technology, College of Agriculture and Natural Resources, Tehran University
2. Associate Professor, Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering and Technology, College of Agriculture and Natural Resources, Tehran University
3. Graduate Master, Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering and Technology, College of Agriculture and Natural Resources, Tehran University
4. PhD student, Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering and Technology, College of Agriculture and Natural Resources, Tehran University
5. PhD Student of Agricultural Mechanization, Department of Agricultural Machinery Engineering, Ramin Agriculture and Natural Resources University of Ahvaz.

(Received: May. 15, 2018- Revised: May. 5, 2019- Accepted: June. 3, 2019)

ABSTRACT

In this study, the energy consumption and environmental emissions for cake production were studied using life cycle assessment in Guilan Province. Necessary data using questionnaires and interviews was gathered from 21 factories of cake production. Equivalent energy of inputs and outputs was obtained using coefficients of energy. The results of this study showed that 62670.57 MJ of energy was consumed for the production of one ton of cake. The highest share of energy consumption allocated to natural gas with 30931 MJ. Evaluation of energy indices showed that energy efficiency in the production of cake in Guilan is 0.2872. The results of life cycle assessment showed that in cake production 13099.49 kg $CO_{2\ eq.}$ is released into the air that about 86 percent of that was related to activities outside of the factory and the rest was related to the combustion of natural gas for cooking cake.

Keywords: Life cycle assessment, Energy, Energy indicators, Environmental indicators, Cake.

* Corresponding Author’s Email: khanali@ut.ac.ir

ارزیابی جریان انرژی و اثرات زیست محیطی تولید کیک در استان گیلان با رویکرد ارزیابی چرخه زندگی

مجید خانعلی[1*]، اسداله اکرم[2]، مهدیه محمدنیا گالشکلامی[3] ، هما حسین زاده بندبافها[4]، بهزاد الهامی[5]

۱- استادیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۲-دانشیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۳- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۴- دانشجوی دکتری گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۵- دانشجوی دکتری مکانیزاسیون کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۲/۲۶- تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۲/۱۵- تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۳/۱۳)

چکیده

در این تحقیق مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌های زیست محیطی تولید کیک با روش ارزیابی چرخه زندگی در استان گیلان مطالعه و بررسی شد. داده‌های لازم از طریق پرسش‌نامه و مصاحبه حضوری از ۲۱ کارخانه تولید کیک در گیلان جمع‌آوری شد. انرژی معادل نهاده‌ها و ستانده با استفاده از ضرایب انرژی نهاده‌ها به‌دست آمد. نتایج این پژوهش نشان داد که مقدار ۶۲۶۷۰/۵۷ مگاژول انرژی برای تولید هر تن کیک مصرف شده است. بیشترین سهم انرژی مصرفی به گاز طبیعی با ۳۰۹۳۱ مگاژول اختصاص داشت. بررسی شاخص‌های انرژی نشان داد که بازده مصرف انرژی در تولید کیک در گیلان ۰/۲۸۷۲ است. نتایج ارزیابی چرخه زندگی نشان داد در تولید کیک ۱۳۰۹۹/۴۹ کیلوگرم کربن دی‌اکسید معادل به هوا منتشر شده است که در حدود ۸۶ درصد از آن ناشی از فعالیت‌های خارج از کارخانه و بقیه مربوط به احتراق گاز طبیعی جهت پخت کیک است.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی چرخه زندگی، انرژی، شاخص‌های انرژی، شاخص‌های زیست محیطی، کیک.

مقدمه

با توجه به افزایش روزافزون جمعیت، ارتقاء سطح کیفی زندگی و کاهش منابع غذایی، تأمین غذا با روش‌های صنعتی برای تولید حداکثری، یکی از مهمترین مسائلی است که توجه دولت‌مردان، اندیشمندان و محققان را به خود معطوف داشته است. از این‌رو صنایع غذایی به‌عنوان یکی از بزرگترین بخش‌های صنعتی در جهان محسوب شده و درنتیجه یکی از بزرگترین مصرف‌کنندگان انرژی می‌باشد (De Boer, 2003). با توجه به ارزش غذایی کیک و نان‌های حجیم از لحاظ تأمین فراوان انرژی و همچنین عمومیت مصرف آن مابین اقشار مختلف جامعه، این تولیدات در فهرست موادغذایی منتج از محصولات کشاورزی قرار دارند، از این‌رو پایداری تولید این محصول ضروری به‌نظر می‌رسد. صنایع تولید کیک و نان‌های حجیم همانند دیگر بخش‌های صنعتی، جهت افزایش عملکرد نیازمند به استفاده از تجهیزات پیشرفته هستند که این تجهیزات نیازمند مصرف سوخت‌دیزل، گازطبیعی و الکتریسیته می‌باشند (Karakaya & Ozilgen, 2011). اما با توجه به محدود بودن منابع سوخت‌های فسیلی، پایداری تولید صنعتی کیک و نان‌های حجیم درمعرض تهدید جدی قرار گرفته است. همچنین استفاده بیش ازحد انرژی باعث بروز برخی از مشکلات مربوط به سلامتی انسان و محیط‌زیست مانند افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای که منجر به گرم شدن کره زمین می‌شود، خواهد شد (De Boer, 2003). از این‌رو مطالعه و بررسی میزان مصرف انرژی و به دنبال آن ارزیابی زیست محیطی ناشی از مصرف انرژی در صنایع تولید کیک و نان‌های حجیم مانند دیگر صنایع ضروری به نظر می رسد.

از این رو در رابطه با مطالعه جریان انرژی در تولید کیک و

* نویسنده مسئول: khanali@ut.ac.ir

نان‌های حجیم مطالعات مختلفی صورت گرفته است. به‌عنوان مثال در تحقیقی تولید نان‌های حجیم در چهار نوع مختلف بررسی شد. نوع اول و دوم، دو نوع نان حجیم صنعتی بودند که به‌ترتیب منبع انرژی آن‌ها، گاز طبیعی و الکتریسیته بوده است. نوع سوم تولید نان حجیم در نانوایی محلی بوده که از نفت به عنوان منبع انرژی استفاده کرده است و نوع چهارم مربوط به تولید نان حجیم خانگی است که از انرژی الکتریسیته بهره برده است. نتایج این مطالعه نشان داد که تولید نان حجیم در نانوایی محلی با ۱۲مگاژول بر کیلوگرم کمترین میزان مصرف انرژی را به خود اختصاص داده است. درحالی که تولید نان حجیم صنعتی نوع ۱و۲ به‌ترتیب ۲۲ و ۱۴ مگاژول انرژی برای تولید یک کیلوگرم نان حجیم صرف کرده اند. انرژی مورد نیاز در تولید نان حجیم خانگی نیز بین ۱۷تا ۱۸مگاژول بر کیلوگرم برآورد شد (Andersson & Olsson, 1991). در رابطه با مصرف انرژی در تولید نان‌های حجیم صنعتی و سنتی نیز نتایج مطالعه برشکات و همکاران نشان داد که برای تولید هر کیلوگرم نان حجیم صنعتی ۴ مگاژول و برای تولید هر کیلو نان حجیم سنتی ۶ مگاژول انرژی مصرف شده است (Braschkat *et al.*, 2004). در مطالعه‌ای دیگر میزان مصرف انرژی برای تولید هر کیلوگرم نان حجیم به‌طور میانگین ۱۶/۱ مگاژول نشان داده شد (Notarnicola *et al.*, 2015). همچنین در تحقیقی دیگر در خصوص تولید نان‌های حجیم، میزان انرژی تجدیدناپذیر برای تولید هر کیلوگرم نان بین ۶ تا ۲۱/۵ مگاژول محاسبه شد (Kulak et al., 2015). در تولید نان‌های حجیم در کشورهای عضو اتحادیه اروپا تجزیه و تحلیل جریان انرژی نشان داد که بین ۹ تا ۳۲/۹ مگاژول انرژی برای تولید یک کیلوگرم نان حجیم مصرف شده است (Notarnicola *et al.*, 2017).

به‌دلیل اهمیت مسائل زیست محیطی، رویکردهای مختلفی برای ارزیابی زیست محیطی تولید محصولات مختلف ارائه شده است. ارزیابی چرخه زندگی روشی برای تعیین اثرات زیست محیطی مرتبط با تولید یک محصول یا یک فرآیند تولیدی از مرحله استخراج منابع اولیه تا دفع نهایی ضایعات ناشی از این فرآیند تولیدی است. در این روش، جنبه‌های زیست محیطی و پیامدهای بالقوه‌ی زیست محیطی در سراسر چرخه زندگی یک محصول مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. در طول سال‌های اخیر محققین فراوانی فرآیند تولید محصولات مختلف را با رویکرد چرخه‌ی زندگی مورد تحلیل قرار داده و راه‌کارهای مناسب را جهت کاهش تأثیرات زیست محیطی این فرآیندها ارائه داده‌اند. با توجه به این حقیقت که آگاهی مصرف‌کنندگان محصولات غذایی در مورد مسائل زیست محیطی رو به افزایش است و توجه مصرف‌کنندگان به مصرف مواد غذایی سالم‌تر و با آلایندگی کمتر معطوف گشته است، ضرورت مطالعات ارزیابی چرخه‌ی زندگی در فرآیند تولیدات غذایی بیش‌ازپیش روشن می‌گردد (ISO, 2006; Notarnicola *et al.*, 2017). با توجه به کارایی بالای رویکرد ارزیابی چرخه زندگی در رابطه با تولید کیک و نان‌های حجیم، مطالعات مختلفی در جهان صورت گرفته است که در ادامه به برخی از آن ها اشاره شده است. در سال ۱۹۹۱ محققین در مطالعه‌ای در خصوص ارزیابی چرخه زندگی تولید نان‌های حجیم، سه گروه اثر پتانسیل گرمایش جهانی، اسیدی شدن و اختناق دریاچه‌ای را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که پخت نان با روش صنعتی به دلیل مصرف بالای انرژی اولیه آلایندگی زیست محیطی بالاتری را به‌دنبال داشته است (Andersson & Olsson, 1991). در تحقیقی دیگر در رابطه با ارزیابی چرخه زندگی نان‌های حجیم در بلژیک نشان داده شد که توسعه سامانه‌های تولید نان از ۲۰۰ سال گذشته تا امروز، منجر به کاهش شاخص‌های پتانسیل گرمایش جهانی و اکسیداسیون فتوشیمیایی حاصل از تولید نان شده است. این واقعیت به دلیل استفاده بسیار زیاد از ذغال‌سنگ به‌عنوان منبع انرژی در سال‌های گذشته بوده است (Geerken *et al.*, 2006). همچنین برای مقایسه اثرات زیست محیطی تولید نان در دو مقیاس صنعتی و خانگی، تحقیقی در استکهلم سوئد انجام شد. شاخص‌هایی که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفتند شامل پتانسیل گرمایش جهانی، نقصان لایه ازن، مسمویت انسان و اسیدی شدن بود. نتایج نشان داد شاخص‌های مورد مطالعه برای تولید صنعتی نان به‌طور غیر محسوسی وضعیت مناسب‌تری دارند (Bimpeh *et al.*, 2006). در بررسی چرخه زندگی تولید نان در کشور ایتالیا شاخص‌های پتانسیل گرمایش جهانی، اسیدی شدن و مسمومیت آب‌های سطحی و آزاد مورد بررسی قرار گرفتند. براساس نتایج، تولید مواد اولیه، انبارداری و حمل‌ونقل بین ۴۴ تا ۱۰۰ درصد شاخص‌های تولید نان را شامل شده اند که از میان مواد اولیه، تولید آرد بیشترین سهم را در شاخص ذکر شده در تولید به خود اختصاص داده است (Maupu *et al.*,2012). در سال ۲۰۱۶ با استفاده از رویکرد ارزیابی چرخه زندگی، سامانه تولید نان حجیم صنعتی در کشورهای عضو اتحادیه اروپا مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق شاخص پتانسیل گرمایش جهانی به ازای مصرف انرژی در تولید نان حجیم برای تولید هر کیلوگرم نان برآورد شد. نتایج نشان داد، نان‌های گران قیمت‌تر دارای پایداری زیست محیطی بالاتری هستند. مرحله پخت نان برای بسیاری از نان‌های تولید شده در کشورهای مختلف نقطه داغ زیست محیطی محسوب شده که مقدار آن وابسته به اندازه و شکل نان است (Notarnicola *et al.*, 2017).

با توجه به بررسی منابع و تحقیقات انجام شده در زمینه مصرف انرژی و اثرات زیست محیطی در تولید نان‌های حجیم و کیک، مشخص شد که نتایج متفاوتی از نظر مصرف انرژی و اثرات زیست محیطی برای تولید این محصولات در نقاط مختلف دنیا حاصل شده است؛ بنابراین لازم است روند مصرف انرژی برای تولید محصولات مختلف هر منطقه مورد بررسی قرار گیرد تا امکان مقایسه با نتایج مطالعات سایر محصولات منطقه یا حتی تحقیقات انجام شده در سایر کشورها فراهم آید. همچنین با توجه به جستجوهای انجام شده مشخص شد که هیچ‌گونه تحقیقی در زمینه مصرف انرژی و ارزیابی زیست محیطی در تولید کیک‌های صنعتی در ایران انجام نشده است. از این رو در این تحقیق به ارزیابی جریان انرژی و همچنین ارزیابی زیست محیطی تولید کیک در استان گیلان با رویکرد چرخه زندگی پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

جمع آوری داده‌ها

این پژوهش در چندین شهرستان استان گیلان ازجمله شهرستان‌های لاهیجان، لنگرود و رودسر به‌عنوان قطب‌های تولید کیک استان انجام شده است. استان گیلان در شمال کشور و در محدوده جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۲۷ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۴ دقیقه طول شرقی قرار دارد و ۰/۸۵ درصد از مساحت کل کشور را تشکیل داده است. در این تحقیق اطلاعات تولیدی همه واحدهای صنعتی تولید کیک ساده (شکل (۱) در استان گیلان (۲۱ واحد) مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. اطلاعات جمع آوری شده شامل اطلاعاتی مربوط به کارخانه، میزان مصرف نهاده‌های مختلف، تعداد کارگران شاغل در هر بخش، نوع و میزان مصرف ماشین‌های مختلف و غیره بود که با تکمیل پرسش‌نامه توسط مدیران و کارکنان واحدهای تولید کیک به‌دست آمد. پایایی یکی از ویژگی‌های ابزار اندازه‌گیری (پرسش‌نامه یا مصاحبه) است. مفهوم یاد شده با این امر سروکار دارد که ابزار اندازه‌گیری در شرایط یکسان تا چه اندازه نتایج یکسانی به‌دست می‌دهد. در این تحقیق از آماره ضریب آلفای کرونباخ بدین منظور استفاده شد؛ این روش برای محاسبه هماهنگی درونی ابزار اندازه‌گیری از جمله پرسش‌نامه‌ها یا آزمون‌هایی که خصیصه‌های مختلف را اندازه‌گیری می‌کند به‌کار می‌رود. در این گونه ابزارها، پاسخ هر سوال می‌تواند مقادیر عددی مختلف را اختیار کند. برای محاسبه ضریب آلفای کرونباخ ابتدا باید واریانس نمره‌های هر زیر مجموعه سوال‌های پرسش‌نامه (یا زیر آزمون) و واریانس کل را محاسبه کرد. سپس با استفاده از رابطه (۱) مقدار ضریب آلفا را محاسبه کرد.

$$a = \frac{k}{k-1}\left(1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2}\right)$$

که در آن، k تعداد سوالات یا گویه‌های پرسش‌نامه یا آزمون، S^2 واریانس زیر آزمون k ام و سیگمای S^2 واریانس کل آزمون است. در این مطالعه با استفاده از نرم‌افزار SPSS آزمون پایایی انجام شد. یادآوری می‌شود چنانچه ضریب آلفای کرونباخ بیش از ۰/۷ محاسبه گردد، پایایی پرسشنامه مطلوب ارزیابی می‌شود. بدون آگاهی از اعتبار ابزار اندازه‌گیری نمی‌توان به دقت حاصل از آن اطمینان داشت. ابزار اندازه‌گیری ممکن است برای اندازه‌گیری یک ویژگی دارای اعتبار باشد، در حالی که برای سنجش همان ویژگی بر روی جامعه دیگر از هیچ‌گونه اعتباری برخوردار نباشد. روایی پرسش‌نامه‌ها نیز با استفاده از نتایج و تجربه حاصل از پیش آزمون و همچنین نظرات کارشناسان به‌دست آمد. ضمن اینکه از مرحله اولیه طراحی پرسش‌نامه سعی شد که پرسش‌ها به ساده‌ترین روش ممکن انتخاب شود.

شکل ۱. نوع کیک مورد مطالعه

جریان انرژی در تولید کیک

از آن‌جا که انرژی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل تولید و همچنین به‌عنوان یکی از کالاها و خدمات مورد نیاز در مصرف نهایی از نظر اقتصادی دارای اثرات قابل توجهی است و بخش انرژی زیربنای اصلی توسعه به‌شمار می‌رود، مقدار مصرف انرژی، نقش مهمی در فعالیت کارگاه‌های صنعتی ایفا می‌کند (Arman & Zare, 2009). از این رو مطالعه و تحلیل انرژی در صنایع غذایی از جمله صنعت تولید کیک ضروری به نظر می‌رسد. همچنین تحلیل انرژی در تولیدات صنایع غذایی، با تعیین انرژی مصرف شده در هر مرحله از فرآیند تولید موجب فراهم آوردن مبنایی جهت محافظت از منابع و همچنین مساعدت در زمینه مدیریت پایدار و سیاست‌گذاری‌های مربوطه است (Chaudhary et al., 2006). از این‌رو در این پژوهش جریان انرژی در بخش‌های مختلف تولید مورد بررسی قرارگرفته است. نهاده‌های مورد

استفاده در کارخانه عبارتند از آرد، شکر، روغن، تخم مرغ، آب، الکتریسیته، گازطبیعی، نیروی کارگری و ماشین‌های صنایع غذایی. کیک نیز به‌عنوان خروجی کارخانه در نظر گرفته شده است. در این مطالعه میزان انرژی معادل هر یک از نهاده‌ها و ستانده‌ها که با استفاده از ضرایب انرژی متناظر با آن‌ها برآورد شده و مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است. محتوای انرژی نهاده‌ها و ستانده در تولید کیک در استان گیلان در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱. محتوای انرژی‌های ورودی و خروجی در زنجیره تولید کیک

ورودی‌ها و خروجی سامانه تولید	واحد	هم‌ارز انرژی (مگاژول بر واحد)	منبع
آرد	kg	۲۰/۵۶	Abolshikhi (2014)
شکر	kg	۱۶/۱۹	Namdari (2015)
روغن	kg	۳۶/۸	Kitani (1999)
تخم مرغ	kg	۷/۲۸	Baum et al. (2009)
آب	m^3	۱/۰۲	Erdal et al. (2007)
الکتریسیته	kWh	۱۲	Kitani (1999)
گاز طبیعی	m^3	۴۹/۵	Kitani (1999)
ماشین ها	kg	۶۲/۷	Canakci et al. (2005)
نیروی انسانی			
- زن	h	۱/۵۷	Kitani (1999)
- مرد	h	۱/۹۶	Kitani (1999)
کیک	kg	۱۷/۷۸	محاسبه شده

در جدول حقایق تغذیه‌ای کیک مقدار انرژی موجود در هر ۱۰۰گرم کیک، ۴۲۴/۷ کیلوکالری است که با استفاده از تبدیلات زیر مقدار هم‌ارز کیک بر حسب مگاژول بر کیلوگرم به‌دست آمد. (رابطه ۲)

$$\frac{424.7(\text{kcal})}{100\,(\text{g})}\times\frac{1000\,(\text{g})}{1(\text{kg})}\times\frac{10^3\ (\text{cal})}{(\text{kg})}\times\frac{4.2\,(\text{J})}{1(\text{cal})}\times\frac{1(\text{MJ})}{10^6\ (\text{J})}=17.78(\text{MJ/kg})$$

به‌طور کلی شاخص‌ها ابزاری هستند که امکان مقایسه سامانه‌ها با یکدیگر و مطالعه جزء به جزء آن‌ها را با هم فراهم می‌کنند. برای تولید و مصرف انرژی، شاخص‌هایی منظور شده که به کمک این شاخص‌ها می‌توان تولید و مصرف انرژی در قسمت-های گوناگون یک سامانه را با یکدیگر مقایسه نمود. علاوه بر آن امکان مقایسه چند سامانه تولیدی با یکدیگر نیز میسر خواهد شد. با کمک این شاخص‌ها، دلایل احتمالی مصرف بالای انرژی در فرآیند و یا سامانه خاصی به‌راحتی کشف شده و به محقق در رفع اشکالات و مصرف صحیح انرژی یاری می‌رساند. مهم‌ترین این شاخص‌ها به قرار زیر هستند (Nabavi-Pelesaraei *et al.*, 2014): نسبت انرژی یا بازده انرژی که از تقسیم انرژی خروجی (تولیدی) حاصل از محصول اصلی و یا محصول اصلی و فرعی بر انرژی ورودی (مصرفی) بدست می‌آید. بهره‌وری انرژی شاخصی است که بیان‌گر کیفیت فرآیند تولید می‌باشد. بهره‌وری انرژی نشان می-دهد در مقابل یک مگاژول انرژی چند کیلوگرم محصول تولید شده است. شاخص انرژی مخصوص نشان می‌دهد که برای تولید یک کیلوگرم/تن محصول چه مقدار انرژی مصرف شده است. افزوده خالص انرژی تفاوت میزان انرژی ورودی و خروجی را نشان می‌دهد.

ارزیابی چرخه زندگی

ارزیابی چرخه زندگی، یک بررسی جامع و پیچیده است که متغیرهای بسیار زیادی در آن وجود دارد. با این وجود، توافق کلی در مورد ساختار رسمی ارزیابی چرخه زندگی ایجاد شده که از چهار مرحله تشکیل شده است (ISO, 2006):

- تعریف هدف و دامنه
- تجزیه و تحلیل فهرست موجودی
- تجزیه و تحلیل اثرات
- تفسیر نتایج

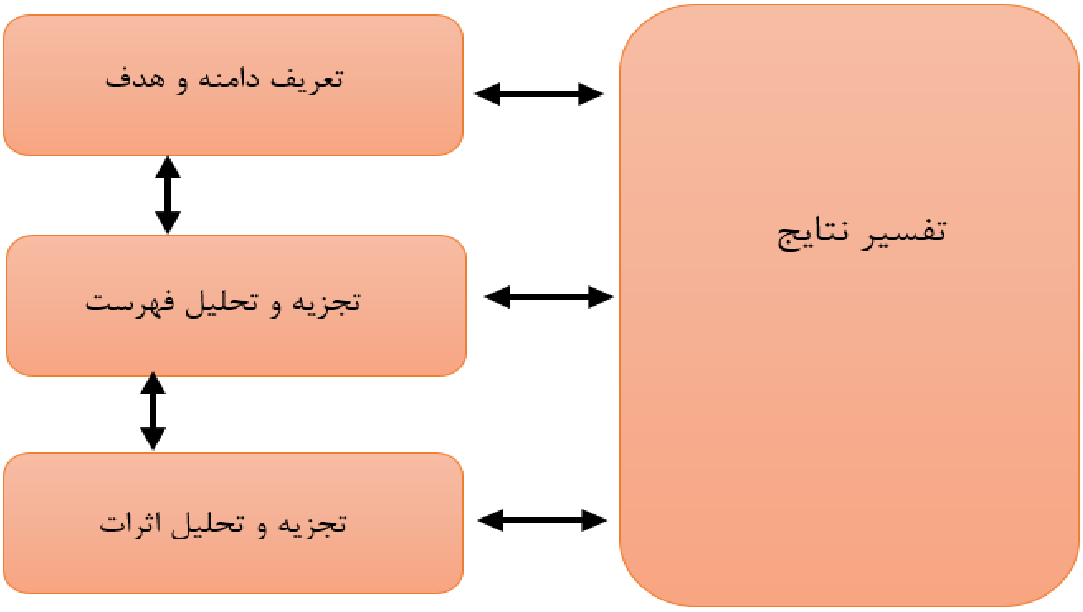
مراحل چهارگانه روش ارزیابی چرخه زندگی در شکل (۲) نشان داده شده است (Guinée, 2002).

تعیین هدف و دامنه

هدف از این مطالعه در مرحله اول ارزیابی زیست محیطی تولید صنعتی کیک و در مرحله دوم ارائه راهکارهایی برای کاهش اثرات زیست محیطی محاسبه شده در استان گیلان بود. برای رسیدن به این هدف ابتدا لازم است تعریف دقیقی از واحد عملکردی ارائه شود تا علاوه بر ارائه نتایج بر اساس یک واحد مشخص، امکان

انجام مقایسه با دیگر تحقیقات نیز وجود داشته باشد (ISO, 2006). در این مطالعه واحد عملکردی، یک تن کیک در نظر گرفته شده است. علاوه بر تعیین واحد عملکردی در مطالعات ارزیابی چرخه زندگی مرز سامانه مورد مطالعه باید به درستی تعریف شده و مشخص باشد. مرز سامانه، فرآیندهایی را که باید در ارزیابی چرخه زندگی قرار گیرند، تعیین می‌کند. همچنین انتخاب مرز سامانه باید با هدف مطالعه سازگار باشد (ISO, 2006).

معیارهای مورد استفاده در برقراری مرز سامانه باید شناسایی و تشریح شده و تصمیم‌گیری با واحد-فرآیندهایی که در مطالعه وارد شده‌اند، سازگار باشد و جزئیات واحد-فرآیندها نیز باید مورد مطالعه قرارگیرند. در این مطالعه مرز سامانه از ورود نهاده‌ها به کارخانه شروع و مراحل آماده سازی خمیر و پخت را شامل شده و در نهایت با پایان پخت کیک مرز سامانه پایان پذیرفته است.



شکل ۲. مراحل مختلف ارزیابی چرخه زندگی (Guinée, 2002)

تجزیه و تحلیل فهرست موجودی

جمع‌آوری داده‌ها برای فهرست موجودی در اجرای موفق ارزیابی چرخه زندگی همواره یک عامل بحرانی محسوب می‌شود. دستیابی به داده‌های معتبر موجب پیشرفت در مدیریت محیط‌زیست است (Curran *et al.*, 2005). در این مرحله، منابع استفاده شده و انتشار آلاینده‌ها با توجه به واحد عملکردی و مرز سامانه تعیین می‌شود. تحلیل سیاهه به اطلاعاتی در مورد ورودی‌ها و خروجی‌های فیزیکی فرآیندهای سامانه تولید نیاز دارد. اطلاعات مود نیاز در این مطالعه به دوگروه تقسیم شدند. گروه اول اطلاعات مرتبط با میزان مصرف نهاده‌ها و گروه دوم اطلاعات مربوط به ساخت و حمل و نقل نهاده‌های مصرفی (فرآیندهای بالا دستی) است که اطلاعات مربوط به مقدار نهاده-های مصرفی از کارشناسان کارخانه های مورد بررسی به‌دست آمد. اما به دلیل نبود اطلاعات کافی در رابطه با فرآیندهای بالادستی از اطلاعات موجود در پایگاه داده اکواینونت استفاده شده است.

تجزیه و تحلیل اثرات

تجزیه و تحلیل فهرست موجودی با تجزیه و تحلیل اثرات ادامه می‌یابد. این مرحله با هدف ارزیابی امنیت تأثیرات زیست محیطی بالقوه بر مبنای نتایج جریان ارزیابی چرخه زندگی صورت می‌گیرد. تجزیه و تحلیل اثرات ، از عناصر زیر تشکیل شده است (ISO, 2006):

- طبقه‌بندی‌های تأثیر، شاخص‌های طبقه‌بندی و همچنین مدل‌های تعیین ویژگی های؛
- مرحله طبقه‌بندی، که در آن پارامترهای گوناگون موجودی، رده‌بندی شده و به طبقه‌بندی‌های تأثیر ویژه اختصاص می‌یابد؛
- اندازه‌گیری تأثیر که در آن جریان‌های فهرست موجودی طبقه‌بندی شده، مشخص می‌شوند و با استفاده از فاکتورهای وزن‌دهی ارائه شده توسط روشهای مختلف، از نظر واحد اندازه‌گیری تأثیر

همسان‌سازی شده و در ادامه جمع‌بندی می‌شود تا بتوانند طبقه‌بندی تأثیر کلی را ارائه دهند.

عناصر انتخابی دیگری نیز وجود دارند که شامل نرمال‌سازی، گروه‌بندی و همچنین وزن‌دهی می‌باشد که می‌توان بر مبنای اهداف تحقیق آن‌ها را انجام داد (در این مطالعه مطابق با اهداف نبوده و انجام نشده است).

هدف از تجزیه و تحلیل اثرات چرخه زندگی تفسیر بیشتر فهرست موجودی چرخه زندگی است (ISO, 2006). در این مرحله، داده‌های فهرست موجودی، در عامل‌های توصیف (ضرایب تبدیل) مربوطه ضرب می‌شوند تا شاخص‌های مربوط به بخش‌های اثر مختلف به‌دست آیند (Brentrup *et al.*, 2004):

$$ICI_i = \sum_j R_j \times CF_{i,j} \qquad \text{(رابطه ۳)}$$

که در آن ICI_i مقدار شاخص برای بخش اثر i به ازای واحد عملکردی (هرکدام از بخش‌های اثر دارای یکای مربوط به خود می‌باشد)، R_j میزان مصرف منبع j به ازای واحد عملکردی و $CF_{i,j}$ عامل توصیف برای تعیین نقش منبع j در بخش اثر i می‌باشد. روش های مختلفی برای تجزیه و تحلیل اثرات ارائه شده است که در این پژوهش، تجزیه و تحلیل اثرات زیست محیطی براساس روش CML2 Baseline2000 انجام شد. با استفاده از این روش، ۱۰ بخش اثر با نام‌های تقلیل مواد غیر آلی، پتانسیل اسیدی شدن، پتانسیل اختناق دریاچه‌ای، پتانسیل گرمایش جهانی، نقصان لایه اوزون، مسمومیت انسان‌ها، مسمومیت آب‌های سطحی، مسمومیت آب‌های آزاد، مسمومیت خاک و اکسیداسیون فتوشیمیایی مورد بررسی قرار گرفت.

تفسیر نتایج

تفسیر چرخه زندگی به عنوان یک روش سیستماتیک برای تعیین، کمی‌سازی، بررسی و ارزیابی اطلاعات از نتایج موجودی چرخه زندگی و همچنین ارزیابی تأثیر چرخه زندگی مطرح است. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل فهرست موجودی و تجزیه و تحلیل اثرات به‌طور خلاصه در مرحله تفسیر ارائه شده‌اند. نتایج مرحله تفسیر مجموعه‌ای از نتایج و توصیه‌های گوناگون برای تحقیق را در برمی‌گیردکه شامل موارد است (ISO, 2006):

- تشخیص و تعیین مسائل حائزاهمیت بر مبنای نتایج تجزیه و تحلیل فهرست موجودی و تجزیه و تحلیل اثرات.
- ارزیابی تحقیق در زمینه قابلیت تکمیل، حساسیت و همچنین بررسی ثبات.
- نتایج، محدودیت‌ها و توصیه‌ها.

نتایج و بحث

تحلیل انرژی

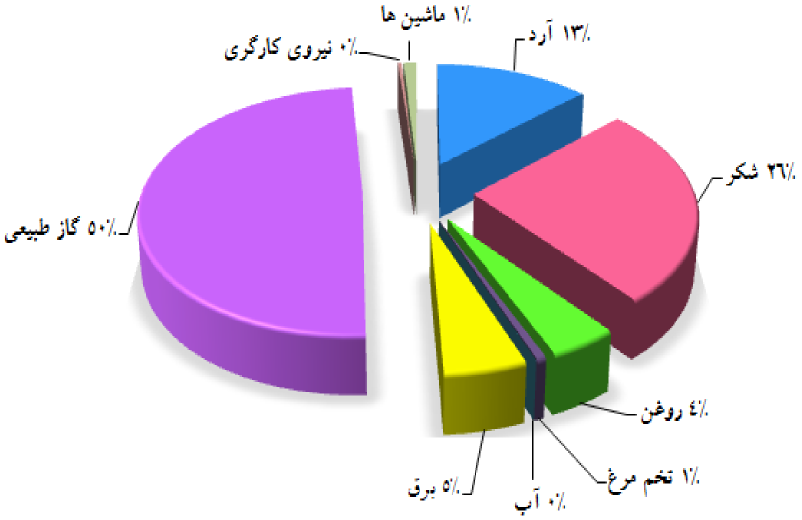
در جدول (۲) میزان مصرف نهاده‌ها برای تولید روزانه کیک و معادل انرژی آن‌ها ذکر شده است. بر اساس نتایج جدول (۲)، روزانه ۲۶۰۵۳۲/۲۵ مگاژول برای تولید ۴۱۵۷/۱۴ کیلوگرم کیک مصرف می‌شود که گاز طبیعی با ۱۲۸۵۸۲/۱ مگاژول در روز بیشترین میزان از این انرژی صرف شده را به خود اختصاص داده است و به دنبال آن شکر با معادل انرژی ($MJ\ day^{-1}$ ۶۸۰۰۲/۳۸) و آرد با معادل انرژی ($MJ\ day^{-1}$ ۳۴۱۶۸/۷۶) قرار دارند. در شکل (۳) سهم هر نهاده در انرژی ورودی تولید کیک نشان داده شده است. براساس شکل (۳)، گازطبیعی که برای تأمین انرژی پخت کیک از آن استفاده می‌شود، ۵۰ درصد انرژی ورودی را به خود اختصاص داده است . نتایج دیگر تحقیقات نشان می‌دهد که این میزان بین ۵ تا ۶۵ درصد برای انواع مختلف نان‌های حجیم تولیدی در کشورهای عضو اتحادیه اروپا متغیر است (Notarnicola *et al.*, 2017). همچنین آرد به‌عنوان ماده اولیه کیک، ۱۳ درصد انرژی مصرفی را به خود اختصاص داده است. در تحقیقات دیگر این میزان بین ۵ تا ۸۰ درصد از کل انژری مصرفی بوده است (Notarnicola *et al.*, 2017). دلیل این میزان تفاوت در درجه اول به تنوع دستور پخت (تنوع در نوع و میزان مواد تشکیل دهنده و همچنین زمان پخت) و در درجه دوم به نوع تجهیزات مصرفی به‌خصوص تجهیزات مرحله پخت بر می‌گردد. با این حال مصرف انرژی در شکل سوخت مقدار نسبتاً بالایی را به خود اختصاص داده است که با توجه به ناپایداری سوخت‌های فسیلی باید در کاهش مصرف آن کوشید. عدم استفاده از تجهیزات مستهلک می‌تواند بهترین گزینه برای کاهش مصرف سوخت در کوتاه مدت باشد در حالی که در برنامه‌های بلند مدت تغییر نوع سوخت فرهای پخت از سوخت‌های فسیلی به سوخت‌های پاک و تجدید پذیر خصوصاً انرژی خورشید و استفاده از فرهای خورشیدی با توجه به اقلیم ایران توصیه می‌گردد.

نتیجه محاسبه شاخص‌های انرژی در جدول (۳) خلاصه شده است. نسبت انرژی در تولید کیک ۰/۲۸۷۲ محاسبه شده است که نشان دهنده کارایی پایین مصرف انرژی در تولید کیک است. هر چند مواد غذایی همچون کیک برای تولید انرژی، تولید نمی‌شوند (نسبت انرژی کمتر از یک) و هدف از آن‌ها درآمد اقتصادی است، اما هر چقدر این نسبت به یک نزدیک‌تر شود (کاهش مصرف انرژی و افزایش عملکرد) علاوه بر افزایش کارایی انرژی منجر به کاهش هزینه‌های تولید در برابر درآمد آن می‌شود. همچنین براساس نتایج برای تولید هر کیلوگرم در حدود ۶۲/۵

مگاژول انرژی مصرف شده است که مقایسه این نتیجه با تحقیقات دیگر نشان می‌دهد میزان مصرف انرژی در تولید کیک در ایران بسیار بالاست. برای مثال در سوئد این رقم برای تولید نان حجیم صنعتی با ترکیب اصلی آرد و شکر ۱۴ تا ۲۲ مگاژول برای هر کیلو (Andersson & Olsson, 1991)، در دانمارک برای هر کیلو نان حجیم صنعتی ۴ مگاژول (Braschkat *et al.*, 2004) و در کشورهای عضو اتحادیه اروپا تجزیه و تحلیل جریان انرژی نشان داد که بین ۹ تا ۳۲/۹ مگاژول برای تولید هر کیلوگرم نان حجیم (Notarnicola *et al.*, 2017) برآورد شده است که نسبت به ایران مقادیر کمتری را نشان می‌دهند. هر چند تفاوت ممکن است به دلیل تنوع در مواد اولیه، روش و زمان پخت باشد، اما این نتیجه نشان می‌دهد ایران در پخت کیک در مصرف انرژی بسیار ناکارا عمل می‌کند و باید درصدد جبران این مقدار هدررفت انرژی باشد.

جدول ۲. انرژی نهاده و ستانده در تولید کیک در استان گیلان

عنوان (واحد)	میزان مصرفی در روز	انرژی معادل (مگاژول بر روز)	انرژی معادل (مگاژول بر تن)
نهاده‌ها			
آرد (kg)	۱۶۶۱/۹۰۵	۳۴۱۶۸/۷۶	۸۲۱۹
شکر (kg)	۴۰۲۳/۸۱	۶۸۰۰۲/۳۸	۱۶۳۵۸
روغن (kg)	۱۵۳/۵۷	۱۱۲۲۶/۲۱	۲۷۰۰
تخم‌مرغ (kg)	۲۱۶/۶۶۶	۱۵۷۷/۳۳	۳۷۹
آب (m^3)	۱/۹۲۳	۱/۹۶۲	۰/۴۷۱
الکتریسیته (kWh)	۱۱۱۴/۲۸	۱۳۳۷۱/۴۳	۳۲۱۶
گازطبیعی (m^3)	۲۵۹۷/۶۱۹	۱۲۸۵۸۲/۱	۳۰۹۳۱
نیروی انسانی (h)	۴۱۵/۴۲	۷۶۵/۸۸	۱۸۴/۹۶
ماشین‌ها (kg)	۱۱/۳۰	۲۸۳۶/۴۲	۶۸۲/۲۲
انرژی ورودی کل (MJ)		۲۶۰۵۳۲/۵	۶۲۶۷۰/۵۷
ستانده			
محصول (kg)	۴۱۵۷/۱۴	۷۴۸۲۸/۵	۱۷۷۸۰
انرژی خروجی کل (MJ)		۷۴۸۲۸/۵	۱۷۷۸۰



شکل ۳. سهم نهاده‌های مختلف انرژی در تولید کیک در استان گیلان

جدول ۳. شاخص‌های انرژی در تولید کیک در گیلان

عنوان	واحد	کیک
نسبت انرژی	-	۰/۲۸۷۲
بهره‌وری انرژی	kg MJ^{-1}	۰/۰۱۶
افزوده خالص انرژی	MJ ton^{-1}	-۴۴۸۹۰

تحلیل شاخص‌های زیست محیطی

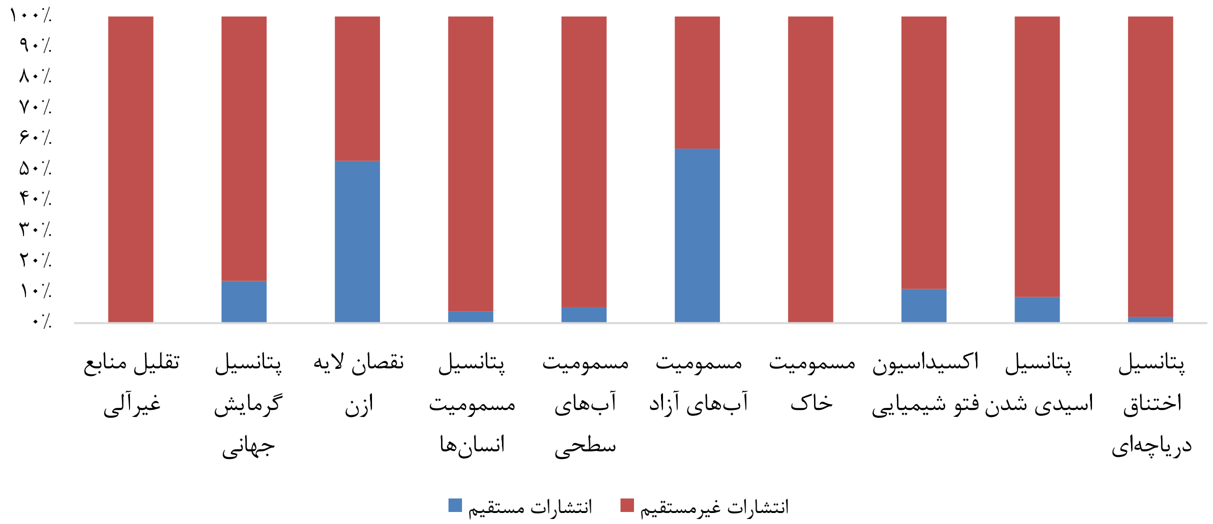
جدول (۴) مقادیر واقعی شاخص‌های زیست محیطی محاسبه شده در تولید کیک به‌ازای یک تن محصول تولیدی را نشان می‌دهد. این نتایج مربوط به انتشارات مستقیم (داخل کارخانه) و غیرمستقیم (فرآیندهای بالادستی) هستند. براساس نتایج میزان پتانسیل برای تولید هر تن کیک ۱۳۰۹۹/۴۹ kg $CO_{2\,eq.}$ محاسبه

شده است. در تحقیقات دیگر در حوضه ارزیابی چرخه زندگی انواع نان‌های حجیم، این میزان بین ۰/۶۲ تا ۰/۹ (Andersson & Ohlsson, 1999)، ۰/۴۱ تا ۰/۵۸ (Braschkat *et al.*, 2004)، ۰/۷۵ تا ۰/۸ (Espinoza-Orias *et al.*, 2011)، ۰/۵ تا ۶/۶ (Notarnicola *et al.*, 2015)، ۰/۶ تا ۱/۷ (Kulak *et al.*, 2015)، کیلوگرم کربن دی‌اکسید معادل برای هر کیلوگرم نان حجیم محاسبه شده است. مقایسه نتایج نشان می‌دهد تولید کیک در گیلان نسبت به دیگر نان‌های حجیم تولید شده در نقاط مختلف جهان منجر به تولید مقدار بیشتری کربن دی‌اکسید معادل شده است که ۸۶ درصد آن مربوط به فرآیندهای بالادستی است. توصیه می‌شود علاوه بر مصرف بهینه مواد اولیه در تولید کیک، در نحوه استخراج، ساخت و مصرف انرژی در تولید مواد اولیه تجدید نظر به عمل آید تا علاوه بر کاهش پتانسیل گرمایش جهانی، انرژی کمتری مصرف شود تا هزینه‌های مستقیم، غیر مستقیم و زیست محیطی تولید کاهش یابد.

جدول ۴. اثرات زیست محیطی به ازای یک تن محصول تولیدی

بخش اثر	واحد	خارج از کارخانه	داخل کارخانه	کل
تقلیل منابع غیر آلی	kg Sb eq.	۴۴/۵۵	۰	۴۴/۵۵
پتانسیل اسیدی شدن	kg SO_2 eq.	۶۳/۱۵	۵/۹۱	۶۹/۰۶
پتانسیل اختناق دریاچه‌ای	kg PO_4^{-2} eq.	۱۱/۳۴	۰/۲۴	۱۱/۵۸
پتانسیل گرمایش جهانی	kg CO_2 eq.	۱۱۳۰۵/۵۵	۱۷۹۳/۹۴	۱۳۰۹۹/۴۹
نقصان لایه ازن	kg CFC-11 eq.	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۲
پتانسیل مسمومیت انسان‌ها	kg 1,4-DCB eq.	۴۰۷۹/۶۰	۱۶۰/۵۲	۴۲۴۰/۱۲
مسمومیت آب‌های سطحی	kg 1,4-DCB eq.	۷۶۶/۲۱	۴۱/۶۵	۸۰۷/۸۶
مسمومیت آب‌های آزاد	kg 1,4-DCB eq.	۱۴۸۰۵۰/۲۱	۱۹۴۹۲۰/۸۷	۳۴۲۹۷۱/۰۸
مسمومیت خاک	kg 1,4-DCB eq.	۸۲۳/۷۴	۰/۲۹	۸۲۴/۰۳
اکسیداسیون فتوشیمیایی	kg C_2H_4 eq.	۲/۶۷	۰/۳۵	۳/۱۱

در شکل (۴) سهم انتشارات مستقیم و غیر مستقیم در تولید کیک نشان داده شده است. همان‌طور که دیده می‌شود سهم دو بخش اثر نقصان لایه ازن و مسمومیت آب‌های آزاد در انتشارات مستقیم قابل توجه است. مهم‌ترین منابع انتشارات مستقیم سوختن گازطبیعی برای پخت کیک و همچنین فاضلاب ناشی از شست‌وشو بوده است که منجر به تولید مواد فرار و انتشار آن به هوا و همچنین انتشار پساب آلوده به آب شده است.



شکل ۴. درصد شاخص‌های زیست محیطی انتشارات مستقیم و غیرمستقیم برای تولید کیک با استفاده از روش CML2 baseline

نتیجه‌گیری

نتایج تحلیل انرژی تولید کیک در استان گیلان میزان کل انرژی مصرفی را ۶۲۶۷۰/۵۲ مگاژول بر تن نشان داد. گاز طبیعی (۵۰ درصد) و شکر (۲۶ درصد) به‌ترتیب پر مصرف‌ترین نهاده‌های انرژی در تولید کیک در منطقه مورد مطالعه بودند. همچنین ارزیابی چرخه زندگی کیک نشان داد انتشارات مستقیم کارخانه

ناشی از مصرف گازطبیعی و پساب کارخانه سهم بالایی در دو بخش اثر نقصان لایه ازن و مسمومیت آب‌های آزاد داشته است. همچنین در حدود ۱۴ درصد از پتانسیل گرمایش جهانی مربوط به انتشارات مستقیم کارخانه است. نتایج این تحقیق در مقایسه با تحقیقات دیگر انرژی و همچنین مقدار پتانسیل گرمایش جهانی بیشتری را نشان داد. مصرف بهینه مواد اولیه و همچنین تغییر نوع سوخت مصرفی برای کاهش مصرف انرژی و همچنین اثرات زیست محیطی توصیه می‌شود.

REFERENCES

Abolshikhi, M. (2014). *Study of life cycle of bread production - Case Study: Ray County, Tehran*. M. Sc. Thesis. University of Tehran, Iran. (In Persian with English abstract).

Andersson, K., & Ohlsson, T. (1999). Life cycle assessment of bread produced on different scales. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 4(1), 25-40.

Arman, SA and Zare, R. (2009). Energy consumption in different sectors and its relation to economic growth in Iran: causality analysis based on Toda and Yamamoto method. *Energy Economics Studies*, 6 (21), 67-92. (In Persian with English abstract).

Baum, A. W., Patzek, T., Bender, M., Renich, S., & Jackson, W. (2009). The visible, sustainable farm: A comprehensive energy analysis of a Midwestern farm. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 28(4), 218-239.

Bimpeh, M., Djokoto, E., Doe, H., & Jequier, R. (2006). Life Cycle Assessment (LCA) of the Production of Homemade and Industrial Bread in Sweden. KTH, Life Cycle Assessment Course (1N1800).

Braschkat, J., Patyk, A., Quirin, M., & Reinhardt, G. A. (2004). Life cycle assessment of bread production-a comparison of eight different scenarios. DIAS report, 9.

Brentrup, F., Küsters, J., Lammel, J., Barraclough, P., & Kuhlmann, H. (2004). Environmental impact assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment (LCA) methodology II. The application to N fertilizer use in winter wheat production systems. *European Journal of Agronomy*, 20(3), 265-279.

Canakci, M., Topakci, M., Akinci, I., & Ozmerzi, A. (2005). Energy use pattern of some field crops and vegetable production: Case study for Antalya Region, Turkey. *Energy Conversion and Management*, 46(4), 655-666.

Ceylan, H. 2002. *Analysis and design of concrete pavement systems using artificial neural networks*, Ph.D. Dissertation, University of Illinois at Urbana- Champaign.

Ceylan, H., Guclu, A., Tutumluer, E. & Thompson, M. R. (2004). Use of artificial neural networks for backcalculation of pavement layer moduli. *In2004 FWD users group meeting*, University Inn, West Lafayette, IN.

Chaudhary, V. P., Gangwar, B., & Pandey, D. K. (2006). Auditing of energy use and output of different cropping systems in India. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*, 8, 1-13.

Curran, M. A., Mann, M., & Norris, G. (2005). The international workshop on electricity data for life cycle inventories. *Journal of Cleaner Production,* 13(8), 853-862.

De Boer, I. J. (2003). Environmental impact assessment of conventional and organic milk production. *Livestock Production Science,* 80(1), 69-77.

Erdal, G., Esengün, K., Erdal, H., & Gündüz, O. (2007). Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. *Energy,* 32(1), 35-41.

Espinoza-Orias, N., Stichnothe, H., & Azapagic, A. (2011). The carbon footprint of bread. *The International Journal of Life Cycle Assessment,* 16(4), 351-365.

Geerken, T.H., Scholliers, D., De Vooght, C., Spirinckx, V., Van Holderbeke, M., &Vercalsteren, A. (2006). Analysis of the 4 Cases 1/5. Case Study: Bread, Sustainability Developments of Product Systems, 1800-2000. *The Belgian Science Policy*. pp. 29-43.

Guinée, J. B. (2002). Handbook on life cycle assessment operational guide to the ISO standards. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 7(5), 311-313.

ISO. (2006). Environmental Management- Life Cycle Assessment- Principles and Framework- ISO,14040. Geneva, Switzerland.

Karakaya, A., & Özilgen, M. (2011). Energy utilization and carbon dioxide emission in the fresh, paste, whole-peeled, diced, and juiced tomato production processes. *Energy*, 36(8), 5101-5110.

Kitani, O. (1999). CIGR handbook of agricultural engineering. Energy and biomass engineering, ASAE Publications, St Joseph, MI.

Kulak, M., Nemecek, T., Frossard, E., Chable, V., & Gaillard, G. (2015). Life cycle assessment of bread from several alternative food networks in Europe. *Journal of Cleaner Production*, 90, 104-113.

Maupu, P., Berthoud, A., Négri, O., Leguereau, B., Gely, B., & Poupart, A. (2012). Traceability of environmental information all along the cereal industry: from the wheat field to the bakery. *In Proceedings 2nd LCA Conference,* November, (Vol. 6, p. 7).

Nabavi-Pelesaraei, A., Abdi, R., Rafiee, S., & Mobtaker, H. G. (2014). Optimization of energy required and greenhouse gas emissions analysis for orange producers using data envelopment analysis approach. *Journal of Cleaner Production,* 65, 311-317.

Namdari, M. (2015). Optimization of sugar beet production using colonial competition algorithm and life cycle assessment of sugar production. Ph. D. Thesis. University of Tehran, Iran. (In Persian with English abstract).

Notarnicola, B., Sala, S., Castellani, V., Tassielli, G., Renzulli, P.A., & Goralczyk, M. (2015). Environmental impact of the european food basket using LCA. *In: Proceedings of the International Conference on Life Cycle Assessment as Reference Methodology for Assessing Supply Chains and Supporting Global Sustainability Challenges: LCA for "feeding the Planet and Energy for Life"*. Stresa, 6-7thOctober 2015-Milano, Expo, 8th October 2015. ENEA, Roma.

Notarnicola, B., Tassielli, G., Renzulli, P. A., & Monforti, F. (2017). Energy flows and greenhouses gases of EU (European Union) national breads using an LCA (Life Cycle Assessment) approach. *Journal of Cleaner Production,* 140,455-469.