

# تولید کرم خاکی با استفاده از ضایعات سیب زمینی به عنوان مکمل پروتئین جهت تغذیه دام

مترجم: مهندس جواد جزائی

## مقدمه

افزایش ضایعات حاصل از توسعه کارخانجات صنایع غذایی سبب ایجاد مشکلاتی گردیده که در زیر اشاره می‌گردد. اولاً این مواد باید بدون ایجاد آلودگی محیط دفع گردد.

ثانیاً با از بین بردن این ضایعات منبع عظیمی از مواد انرژی‌زا از دسترس خارج می‌شود. بخصوص که ضایعات مواد آلی دارای گازهای بدبو هستند و به راحتی تجزیه نمی‌شوند، لذا این مشکلات پیچیده‌تر می‌شود. هر روشی که بتواند ضایعات صنایع غذایی را به موادی با ارزش برای حاصلخیزی خاک و رشد گیاهان و یا دیگر اهداف کشاورزی تبدیل کند زمینه یک فعالیت اقتصادی به شمار خواهند رفت و چنانچه بتوان در طی فرآیند (غنی سازی) نوعی پروتئین حیوانی تولید کرد که برای تغذیه دام مناسب باشد جذبه‌های اقتصادی این فرآیند خیلی بیشتر خواهد بود.

یکی از موادی که می‌توان چنین فرآیندی را ایجاد نماید ضایعات سیب زمینی است.

در حال حاضر تولید سالانه سیب زمینی در انگلستان ۶۷۰۰۰۰۰ تن می‌باشد که از این مقدار ۴۷۵۰۰۰ تن جهت تولید سیب زمینی برشته و ۱۷۹۰۰۰ تن جهت تولید سیب زمینی خشک و ۴۵۴۰۰۰ تن به صورت چپیس مورد استفاده قرار می‌گیرد که جمعاً ۱۲۰۰۰۰۰ تن صرف این موارد می‌شود.

ضایعات حاصل از فرآیند سیب زمینی عمدتاً از پوسته‌های جامد سیب زمینی و مقدار زیادی فاضلاب تشکیل شده است. قسمت جامد این ضایعات دارای بوی زننده‌ای است که به راحتی تجزیه نمی‌شود و ضایعات مایع نیز موجب آلودگی آبهای جاری می‌شوند.

وضع ضایعات سیب زمینی خود متحمل هزینه می‌باشد.

به عنوان نمونه اگر این مواد به آب رودخانه سرازیر شوند. بایستی قبلاً تصفیه گردد و اگر بنا باشد که بر روی زمینها پاشیده شود باز هم بدون هزینه نخواهد بود.

آن قسمت از ضایعات که به صورت جامد می‌باشد را می‌توان به عنوان خوراک خوک به قیمت حدود هر تن یک پوند به فروش رسانید، اما چنانچه خوک دانی نزدیک کارخانه تولید کننده ضایعات سیب زمینی نباشد هزینه حمل و نقل مانع از این امر خواهد شد.

با توجه به روند افزایش تولید سیب زمینی در انگلستان و به دنبال آن توسعه صنایع سیب زمینی ضایعات حاصله نیز در آینده روند افزایشی خواهد داشت.

نحوه تولید ضایعات طی عمل آوردن سیب زمینی در نمودار ۱ خلاصه شده است.

سالانه تقریباً ۲۱۰۰۰۰ تن ضایعات جامد سیب زمینی تولید می‌شود که این مواد خام می‌توانند توسط فعالیت کرم خاکی به کود کشاورزی و مکمل پروتئینی با ارزشی برای تغذیه دام تبدیل گردد.

کرم *Eisenia foetidix* یا Savigny یا کرم تایگر یا کرم *B. rading* عموماً در توده کودهای کمپوست زندگی می‌کنند که به صورت تجارتهای برای استخراجهای ماهی پرورش داده می‌شوند. این نوع کرم در آمریکا جهت تجزیه لجن مردابها استفاده می‌شود. نحوه زیست این نوع کرم نسبت به سایر گونه‌های کرم خاکی شناخته شده‌تر می‌باشد.

در ایستگاه تحقیقات Rothamsted از سال ۱۹۸۰ جهت استفاده از *E. foetida* و سایر گونه‌های کرم خاکی برای تجزیه انواع مختلف ضایعات حیوانی (خوک، گاو، اسب، مرغابی، بوقلمون) و سایر ضایعات آلی مانند سیب زمینی، کاغذ ضایعات آشپزخانه و ضایعات آبجوسازی یک برنامه تحقیقاتی آغاز شد که هدف آن تولید پروتئینی

جدول ۱- تجزیه کلی کرم خاکی *E. foetida* (بر حسب ماده خشک)

نوع ترکیب	درصد
پروتئین	۶۰-۷۰٪
چربی	۷-۱۰٪
کربوهیدرات	۸-۲۰٪
مواد معدنی	۲-۳٪
انرژی خام KJ/kg	۱۶۷۵۰

جدول ۲- ضریب تبدیل ضایعات به بافت کرم خاکی

حرارت (درجه سانتیگراد)	درصد تبدیل (ضایعات بر وزن کرم)
۱۵°C	۴/۵٪
۲۰°C	۴/۸۲٪
۲۵°C	۴/۹۴٪
۳۰°C	متغیر a

a: در این حرارت مرگ و متغیر است تغییرات لذا موجب می‌شود محاسبه نسبت تبدیل مشکل شود.

جهت تغذیه ماهی، طیور و خوک می‌باشد. *E. foetida* غذای ایده‌آلی جهت تغذیه حیوانات فوق‌الذکر است. ترکیبات موجود در بدن این کرم خاکی در جدول (۱) توضیح داده شده است.

پروتئین تولیدی از این روش نسبت به پودر گوشت و پودر ماهی از نظر اسیدهای آمینه طیف بهتری را در برمی‌گیرد و از نظر لیزین، متیونین و سیستین غنی بوده و دارای مقدار زیادی از اسیدهای چرب زنجیر بلند است که برای تک معده‌ای‌ها ضروری است. مواد معدنی و ویتامینها مخصوصاً نیاسین، و ویتامین B12 نیز در این خوراک زیاد است.

وقتی ارزش غذایی ماده مزبور توسط برنامه کامپیوتری ارزیابی گردید مشخص شد که ارزش جایگزینی این ماده بالاتر از پودر ماهی، پودر گوشت و یا کنجاله سویا می‌باشد.

تمام ضایعاتی که مورد بررسی قرار گرفته‌اند پس از فعالیت کرم خاکی ساختمان بهتری را از نظر ارزش خاکشناسی دارا بودند و از نظر مواد معدنی قابل دسترس و ظرفیت نگهداری آب در خاک دارای ظرفیت بالاتری هستند.

در ابتدای این برنامه تحقیقاتی، توانایی ضایعات خشک سیب زمینی در رفع نیازهای غذایی کرمهای خاکی مورد بررسی قرار گرفت و چنین نتیجه داد که این مواد از این جهت فوق‌العاده مناسب می‌باشند.

هدف این مقاله ارزیابی ظرفیتهای آینده و اقتصادی بودن طرح و همچنین امکان رشد کرم خاکی با استفاده از ضایعات سیب زمینی می‌باشد.

## رشد *Eisenia foetida* بر روی سیب زمینی خشک

در آزمایشهای اولیه مشخص شده است که سیب زمینی شرایط زیستی و تغذیه‌ای مناسب را برای کرم *E. foetida* دارد و بدون نیاز به هیچگونه آماده‌سازی زمینه تولید کرم را فراهم می‌کند.

همچنین رطوبت ضایعات سیب زمینی حدود ۷۷٪ می‌باشد که تقریباً مشابه رطوبت بدن کرم خاکی مذکور است. بنابر این کرمها تحت هیچگونه تنش اسمزی قرار نخواهند داشت.

وجود منافذ در ساختمان بدن کرم امکان نفوذ هوا را فراهم ساخته با وجود مقدار کمی آمونیاک و نمکهای معدنی شرایط هوازی به وجود آمده که



## زمان بلوغ کرمها

کرم خاکی (*E. foetida*) در حرارت ۲۵°C در ۶۱ روزگی، در حرارت ۲۰°C در ۶۵ روزگی و در حرارت ۱۵°C در ۷۴ روزگی به بلوغ می‌رسد و این سن بلوغ نسبت به حالتی که کرمهای مزبور روی ضایعات حیوانی نگهداری می‌شوند کمی بالاتر است. از مطالعاتی که بر توانایی رشد کرم خاکی بر سایر ضایعات به دست آمده، مشخص شده که این کرم توانایی تولید تقریباً ۲۰ کرم جوان در هفته دارد. که این رقم تولید، پتانسیل افزایش تعداد کرمها و لزوم انتقال آنها به محیط کشت جدید را مشخص می‌کند.

## بازده تولید کرم

با توجه به آزمایشات انجام شده در مورد تراکم کرمها می‌توان ضریب تبدیل ضایعات به پروتئین کرم خاکی را تعیین و محاسبه نمود که ممکن است آن را بر اساس وزن خشک ضایعات و کرمها محاسبه نمود. زیرا میزان رطوبت کرم و محیط کشت تقریباً مساوی است. بالاترین بازده زمانی است که تراکم کرمها حداکثر باشد چنانکه در جدول (۲) نشان داده شده است.

این محاسبات در دامنه محدودی از تراکم کرمها و بر اساس یک مقیاس آزمایشگاهی نسبتاً کوچک انجام شده است. تجربه نشان داده است که سیستم‌های پرورشی بزرگ ضرایب تبدیل نسبتاً بالاتری به دست می‌دهد.

علاوه بر این با ایجاد تغییراتی در ضایعات و افزودن ضایعاتی مانند کاه و تراشه‌های چوب و یا کشت میکروبی می‌توان توانایی تولید ضایعات را افزایش داده و در نتیجه موجب افزایش ضریب تبدیل شد.

## تغییراتی که کرم خاکی بر ضایعات سیب‌زمینی به وجود می‌آورد

عقیده بر این است که این کرم بیشترین مواد غذایی مورد نیازش را از میکروارگانیسمهایی که بر ضایعات آلی رشد می‌کنند به دست می‌آورد.

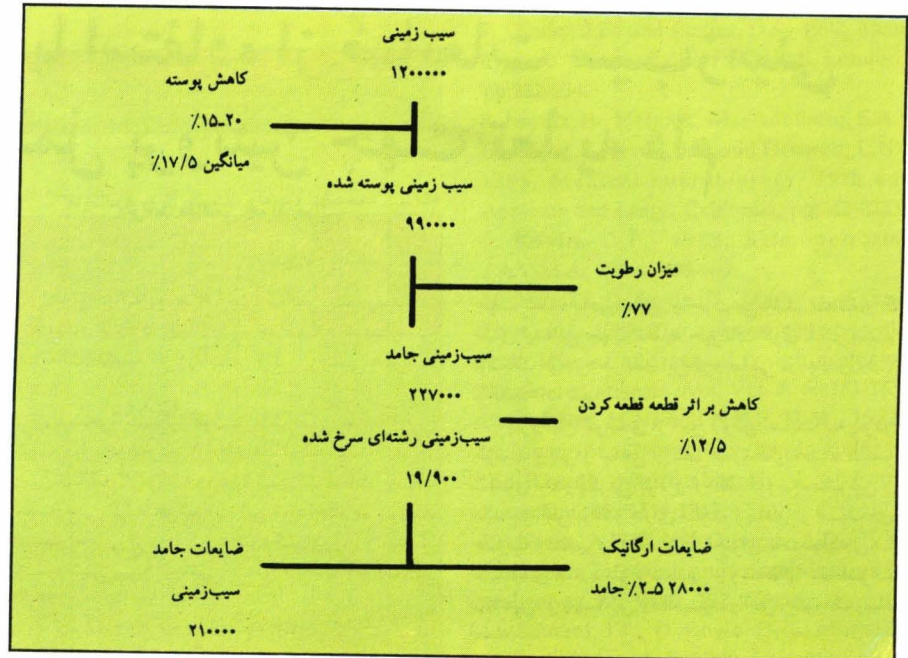
عمده این میکروارگانیسمها با کتریها هستند اما گاهی قارچها و پروتوزوآها نیز وجود دارند.

کرم با کمک سنگدان خرد کننده‌اش ضایعات را که در حال عبور به طرف روده‌ها هستند متلاشی می‌کند که این کار موجب افزایش سطح گسترش مواد خورده شده و همچنین تعداد میکروبی می‌شود. به طوری که مدفوع کرم نسبت به ضایعات هضم شده دارای میکروارگانیسمهای بیشتری است.

به این طریق میکروارگانیسمها و کرمها برای تجزیه ضایعات به طور فزاینده‌ای با یکدیگر همکاری می‌کنند.

طی این فرآیند میزان مواد معدنی مغزی موجود در ضایعات و شکل و ساختمان آنها تغییر می‌کند (جدول ۳ و ۴).

تغییرات مواد معدنی بسیار گسترده نبوده اما عموماً در ضایعات سیب‌زمینی که عمل‌آوری



در هر ظرف بیان گردیده است. روشن است که هر چه تعداد کرمها کمتر باشد، طی دوره پرورشی، رشد بیشتری را خواهند داشت. با این وجود، تولید کل کرمها در هر ظرف حاوی ۴۰ گرم ضایعات در حداکثر بودن تراکم کرمها بیشترین مقدار را خواهد داشت و تراکم بیشتر امکان‌پذیر و عملی نیز می‌باشد.

## تأثیر درجه حرارت

وقتی رشد انفرادی کرمها و همچنین وزن کل توده زنده در حالت بالاترین تراکم کرمها یعنی ۱۶ کرم در هر ظرف در حرارت‌های ۱۵ و ۲۰ و ۳۰ درجه سانتیگراد مقایسه گردید مشخص شد که درجه حرارت محیط تأثیر قابل توجهی بر میزان رشد کرمها داشته است.

رشد وزنی هر یک از کرمها در حرارت ۲۰°C نسبت به حرارت ۱۵°C سریع‌تر است.

همچنین افزایش خیلی بیشتری در اضافه وزن کرمها در حرارت ۲۵°C مشاهده شده است. در حالی که در حرارت ۳۰°C علاوه بر اینکه میزان مرگ و میر کرمها افزایش می‌یابد افزایش وزن کرمها نسبت به حرارت ۲۰°C کمتر است.

به نظر می‌رسد پرورش کرمها بر روی ضایعات سیب‌زمینی در حرارت بالاتر از ۲۵°C عملی نخواهد بود.

با افزایش درجه حرارت محیط از ۲۰ به ۲۵ درجه سانتیگراد افزایش نسبتاً کمی در اضافه وزن کرمها مشاهده می‌شود. لذا به خاطر بالا رفتن هزینه سیستم نگهداری در حرارت‌های بالاتر به نظر می‌رسد مناسب‌ترین حرارت در حدود ۲۰°C می‌باشد.

زمینه مساعدی را جهت رشد کرم فراهم می‌سازد. این ضایعات (ضایعات سیب‌زمینی) با ضایعات حیوانی که ممکن است ابتدا توسط کرم پذیرفته نشود متفاوت است زیرا ضایعات حیوانی قبل از اینکه مورد استفاده قرار گیرند باید با استفاده از روشهای خاصی عمل‌آوری شوند که اگر در محیط سرپسته نگهداری شوند تغییر اندکی در میزان رطوبت آنها به وجود خواهد آمد.

## ظرفیت تراکمی پرورش کرم

میزان رشد کرم در تراکمها و حرارت‌های متفاوت، در ظروف کریستاله ۱۲۵ میلی‌گرمی مورد بررسی قرار گرفته است. در داخل هر ظرف ۴۰ گرم ضایعات جامد سیب‌زمینی قرار داده شد و در هر ظرف ۱ و ۲ و ۴ و ۸ یا ۱۶ عدد کرم و هر کدام با دو تکرار مورد بررسی قرار گرفت. کرمهای جوان مورد آزمون دارای وزن اولیه حدود ۰/۰۵ گرم بودند.

ظرفها در حرارت‌های ۱۵، ۲۰، ۳۰ درجه سانتیگراد نگهداری شدند در فواصل زمانی معین بشقابها تخلیه شده و کرمها پس از شستشو وزن گردیدند چنانچه کرمهایی مرده باشند به همان تعداد کرمهای زنده‌ای با وزن مشابه ظرفیت قبلی افزوده می‌شوند. البته غالباً تلفات کم است مگر اینکه حرارت خیلی زیاد باشد.

آزمایش همچنان ادامه می‌یابد تا اینکه کرمها شروع به کم کردن وزن نمایند و این نشان دهنده این است که ارزش غذایی ضایعات در حال کم شدن است.

نتایج آزمایشات نمودارهای ۲ تا ۷ بر اساس میانگین وزن (ضایعات) و یا بر اساس وزن کلی کرمها



جدول ۳- تجزیه شیمیایی ضایعات سیبزمینی متأثر از فعالیت کرم خاکی

منگنز بوم	سدیم	کلسیم	پتاسیم	فسفر	غیر متأثر از فعالیت کرم خاکی
۰/۲۰۴	۰/۰۳۳	۰/۷۵۸	۲/۹۰۵	۰/۱۲۳	متأثر از فعالیت کرم خاکی
۰/۳۳۴	۰/۰۴۴	۱/۳۱۸	۲/۰۴۹	۰/۱۲۶	

جدول ۴- تغییرات شکل نیتروژن (ppm) موجود در ضایعات سیبزمینی متأثر از فعالیت کرم خاکی

وضعیت ضایعات	شماره نمونه	نیتروژن محلول		کل نیتروژن (ماده خشک)	
		NO <sub>3</sub> (ppm)	NH <sub>4</sub> (ppm)	NO <sub>3</sub> (ppm)	NH <sub>4</sub> (ppm)
بدون کرم خاکی	a	۱۰۸	۲۳۹۲	۲۵۵۴	۲۳۹۲
	b	۱۰۸	۲۳۹۲	۵۰۴۲	۲۳۹۲
با کرم خاکی	a	۹	۳۲۰	۱۸۵۰۴	۳۲۰
	b	۹	۳۲۰	۱۸۳۲۶	۳۲۰

جدول ۵- طول مدت عمل آوری ضایعات در تراکمهای مختلف کرمها (بر حسب روز)

حرارت (درجه سانتیگراد)	نسبت‌های وزنی (ضایعات/کرم)					
	۱:۲۵	۱:۵۰	۱:۱۰۰	۱:۲۰۰	۱:۴۰۰	۱:۸۰۰
۱۵°C	۱۸	۳۰	۳۹	۴۹	۶۲	۷۱
۲۰°C	۱۶	۲۴	۳۲	۳۸	۴۶	۵۰
۲۵°C	۱۴	۲۱	۲۸	۳۲	۳۷	۴۲

تراکم کرمها حداکثر باشد که در این حالت زمان تجزیه ضایعات دو تا سه هفته طول خواهد کشید.

عملاً چندین روش برای تکثیر کرمها وجود دارد. اگر چنانچه ظرف نگهداری کرمها بزرگ باشد مقداری از ضایعاتی که کرمها بر روی آن کار کرده‌اند را در کف ظروف قرار داده و سپس ضایعات تازه را بر روی آنها می‌ریزیم.

جداسازی کرمها از ضایعاتی که قبلاً کرمها روی آنها فعال بوده‌اند توسط جداکننده‌های مخصوصی که در مؤسسه مهندسی کشاورزی ملی طراحی شده انجام می‌شود. این دستگاه شامل ردیفهایی از صفحات چرخان (دوران) است که به تنها ضایعات و کرمها را جدا می‌کند بلکه کرمها را بر اساس اندازه‌شان درجه‌بندی می‌کند.

### بررسی بعد اقتصادی استفاده از کرم خاکی برای تجزیه ضایعات سیبزمینی

سالانه حدود ۲۱۰۰۰۰ تن ضایعات جامد سیبزمینی در انگلستان تولید می‌شود. چنانچه ضریب تبدیل ضایعات به کرم ۵٪ باشد، می‌توان نتیجه گرفت که این ضایعات ۱۰۵۰۰ تن کرم تولید کرده و چنانچه این مقدار کرم خشک شود تقریباً ۲۵۰۰ تن پودر پروتئین خشک از این کرم‌ها بدست می‌آید.

تجزیه کامپیوتری پودر کرم نشان داده که ارزش پروتئین کرم تقریباً به ازاء هر تن مبلغ ۴۰۰ تا ۲۰۰ پوند پایین است که بین ۱۰۰۰۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰۰۰ پوند ارزش کل پروتئین تولید شده از ضایعات فوق می‌باشد.

به علاوه ضایعات (پس از فعالیت کرمها بر آن) به مسوادی تبدیل می‌شوند که در باغبانی (برای حاصلخیزی خاک) ممکن است هر تن حدود ۲۰ پوند ارزش داشته باشد.

چنانچه پس از فعالیت کرمها ۲۰٪ کاهش وزن در ضایعات سیبزمینی به وجود آید از ۲۱۰۰۰۰ تن ضایعات سیبزمینی تقریباً ۱۶۸۰۰۰ تن مواد عمل آوری شده مفید به دست می‌آید که ارزش آن چنین محاسبه می‌شود.

تن/پوند تن

$$\text{پاند} = ۳۲۰۰۰۰ \times ۲۰ = ۱۶۰۰۰۰$$

لذا روشن است که کاربرد سیبزمینی جامد می‌تواند موضوع تجارتی مورد توجهی باشد.

### منبع مورد استفاده

C.A. Edwards, Production of earthworm protein for animal potato waste, Rothamsted Experimental Station, Harpenden, UK.

شده‌اند تغییرات بیشتری در مواد معدنی بجز پتاسیم صورت می‌گیرد.

اختلاف در شکل نیتروژن موجود در ضایعات قابل توجه است که تقریباً تمام نیتروژن به شکل آمونیاک می‌باشد در حالی که در ضایعات متأثر از عملکرد کرمها نیتروژن تماماً به شکل نیترات است.

### روشهای عمل آوری ضایعات سیبزمینی توسط کرم خاکی

نیازهای کرم ایجاب می‌کند در محیطی که جوابگوی نیاز تنفسی آنها باشد زیست کنند. لذا عمق ضایعات نباید بیشتر از ۳۰ سانتیمتر باشد.

اگر چه رعایت حداکثر ۳۰ عمق محیط کشت لازم است اما چنانچه لایه‌ها به تدریج عمیق شوند کرم پس از اعمال فرآیندهای مربوطه به لایه‌های بالاتر رفته و به این ترتیب عمق محیط می‌تواند به یک متر و بیشتر هم برسد.

این سیستم عمل آوری به صورت سیستم (Batch) اجرا می‌شود به این صورت که کرمها را در جعبه‌ها یا ظرفهایی که به صورت قفسه‌هایی روی هم دیگر قرار می‌گیرند می‌توان پرورش داد.

در صورت نبودن امکانات، این سیستم می‌تواند در کف زمین زهکشی شده اجراء شود به شرطی که سوراخهای کف به اندازه‌ای باشد که از خارج شدن کرمها به بیرون جلوگیری نماید.

در روش دیگر ترجیح داده می‌شود که کرمها در جعبه‌ها و یا کف زمین به گونه‌ای نگهداری شوند که سرپوش داشته باشند تا تبخیر آب به حداقل برسد.