پروتئین تک‌سلولی و نقش آن در تغذیه دام و طیور

مهندس فرهادفرد
محقق مؤسسهٔ تحقیقات دامپروری حیدرآباد

مقدمه:

رونـد رو به تزاید جمعیت جهـان بخصـوص در کشورهای در حال توسعه و بطور کل جهان سوم، شاید بزرگترین معضلی است که متخصصین علوم غذائی و کشـاورزی را بمنـظور تأمین احتیاجـات بشر به تفکر واداشته است. با توجه به اصل فوق و محدودیت این کره خاکی از نظر پتانسیل تولید، در آینده‌ای نه‌چندان دور نسل بشر با تهدیدی جدی روبرو خواهد بود. در کنـار دو منبـع پروتئین موجـود گیاهی و دامی، جهان امـروز بدنبـال منشـاء دیگری بنام پروتئین تک‌سلولی است. توانائی تکثیر بالای این نوع پروتئین بما امکان می دهد با خیال آسوده‌تری به آینده بنگریم. بهداشت، مسمـومیت‌زدائی، توجه به خواص سرطان‌زائی برخی مواد اولیه، بازار فروش، سهـولت در حمـل و نقـل فـرآورده و مـاده‌اولیه آن، ارزانی تهیه و... از جمله مسـائـل مهـم در تولید پروتئین تک‌سلولی[1] (SCP) می باشد و بایستی اذعان داشت که پروتئین تک‌سلولی در تغذیه دام و انسان نقش اساسی را ایفاء خواهد نمود.

۱- پروتئین تک‌سلولی:

خوردن تک‌سلولی ها شاید در اذهان عمومی کمی ثقیل باشد، لکن مدتی است که بشر به ارزش تغذیه‌ای برخی از آنها پی برده است (۴). استدلال بر اینست که استفـاده از پروتئین تک‌سلولی که خود حاصل از مواد زائـد کم‌ارزش می باشـد، در تغـذیه دام، وضعیت غذائی انسانها را نیز بهبود بخشیده است و این بخاطر عدم رقابت بیشتر حیوان و انسان در استفاده از منابع گیاهی مشترك بین آنهاست. میکروارگانیسم ها بیش از هر حیوان یا موجود زنده دیگری در واحد زمان پروتئین تولید می نمایند، (جدول ۱)، (۱۴).

A-۱) قابلیت پذیرش و سم‌شناسی در پروتئین تک‌سلولی:

طبیعت مواد خام بکـار گرفتـه شده در فرآیند تولید پروتئین تک‌یاخته‌ای سلامتی محصول را در برداشته و بطور مثـال وجود کربوهیدارت‌های سرطان‌زا در نفت گاز یا پلیمـر پارافین‌ها، وجـود فلزات سنگین در نمـك‌های معدنی و... از این‌گونه مسائل هستند. اساس فرآیند بیمـاریزا و مسمـومیت‌زا بوده و رعـایت شدید نکـات بهداشتی و کنترل کیفیت فرآورده الزامی است (۴). امروزه برنامه‌های عظیم تولید SCP در ژاپن، ایتالیا و بریتانیا که تابحال بر روی تولید پروتئین‌های حاصل از مواد نفتی مرکـزیت یافتـه بودنـد، بخـاطـر شك در سرطـان‌زائی محصـول تغییراتی یافتـه و کوشش‌هائی جهت تأمین SCP از ضایعـات آلی در شرف تکـوین است، (۱۴).

B-۱) پروتئین تک‌سلولی مشتق‌شده از منابع انرژی‌زا:

در این نوع فرآینـد مواد با ارزش تجـاری و مواد مشتق‌شده از برخی فرآورده‌هـای شیمیائی نظیر گاز، متـانـول، اتـانـول، متان، پلیمر آلکانها و... بطور گسترده مورد توجـه قرار گرفته‌اند. مثلاً کارخانه I.C.I انگلستان با استفاده از باکتری مصرف‌کننده متانول (Methylophilos methylotrophus)، فرآورده‌هـای تک‌سلولی بنام پروتئین (Proteen) که منحصراً در تغذیه دام کاربرد دارد، تولید می نماید، (۱۴).

در طول دو دهـه ۶۰ و ۷۰ میلادی، مطالعـات بسیاری در مورد پتانسیل استفاده از متانول بعنوان ماده اولیه در فرآینـدهـای تولید SCP انجـام پذیرفتـه است. (۱۴)، (۴). بهرحال تولید بیشتر این فرآورده بخاطر شك در سرطان‌زا بودنش تقریباً متوقف شده و استفاده از ضایعـات آلی برای تولید SCP انجام پذیرفته است (۱۴)، (۴). بهرحال تولید بیشتر این فرآورده بخاطر شك در سرطان‌زا بودنش تقریباً متوقف شده و استفاده از ضایعات آلی برای تولید SCP ترجیح داده می شود، (۱۴).

C-۱) SCP از مواد زائد:

استفاده از موادی چون کاه، تفاله نیشکر، ملاس، ضایعـات مرکبات، آب پنیر ضایعات زیتون و خرما، ادرار، مدفوع و... در فرآیند تولید SCP دو خدمت را به بشر انجام می دهد که عبارتند از کاهش آلودگی های محیطی ناشی از فساد میکروبی این ضایعات و تولید پروتئین ارزان با ارزش تغذیه‌ای بالا. بنابراین از تلفیق هزینه پایین ماده اولیه و هزینه‌های نسبتاً بالای تکنولوژی تولید، فرآورده‌های کاملاً اقتصادی حتی در واحدهای کوچك بدست می آید. می دانیم که سلولز در اتصال طبیعی با لیگنین رایج ترین ماده آلی قابل دسترس در تبدیل بیوتکنولوژیکی است، اخیراً یك محقق سوئدی در کنار روش‌های قدیمی، موتانی از قارچ Sporotrichoum Pulerulentum را بدست آورده که بطور انتخابی لیگنین را مصرف و سلولز آزاد می گردد. سلولز حاصل می تواند براحتی مورد استفاده نشخوارکنندگان قرار گیرد و یا تبدیل به SCP شود، (۱۴).

D-۱) لزوم مطالعه و تحقیق در ایران:

در حالیکه در رابطه با تولید پروتئین تک‌سلولی در ایران، سابقـه چندانی در دست نیست، لکن شرایط بسیار منـاسـبی چه از نظر اقتصـادی و چه از نظر اجتماعی جهت قدم گذاردن در این راه وجود داشته، لذا تحقیق و مطالعـه بر روی پتـانسیل تولید و لزوم سمینـارهـای بین‌المللی در ارتبـاط با بیوتکنـولوژی و بالاخص شاخـه تولید پروتئین تک‌یاخته‌ای کاملاً محرز می گردد.

در سال ۱۹۷۸ میلادی شرکتی بنام Provesta-Phil-lips پیش‌نویسی را جهت عقد قرارداد با ایران در زمینه تولید پروتئین تک‌سلولی با استفاده از متانول تولیدی در صنایع پتروشیمی کشور، تنظیم نمود، لکن این قرارداد هرگز منعقد نگردید، (۱۳).

تولید و استفـاده از SCP مشتمـل بر کاربـرد علوم مختلفی چون بیوشیمی، میکـروبیولـوژی، ژنتیك و سیتوژنتیك، دامپزشکی، تغذیه دام، تغذیه انسانی و علوم فنی و مهنـدسی مثل الکترونیك، کامپیوتـر و مکـانـیك می باشـد. بنـابـراین جهت تولید چنین فرآورده‌هائی هماهنگی تخصص‌های فوق‌الذکر تحت حمایتهای دولتی بر پیشرفت آن خواهد افزود. در رابطه با تکنولوژی تولید، نگارنده موفق گردیده است سیستمی الکترونیکی را طراحی و بمرحله ساخت برساند که

هم اکنون در دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان موجود می باشد. این سیستم قادر است، در دیگ‌های فرمانتوری (در سطح آزمایشگاهی) بر مورد استفاده قرار گرفتن میزان مواد مغذی توسط میکروارگانیسم‌ها (مثلاً ملاس برای مخمر آبجو) کنترل داشته و بسته به رشد لگاریتمی آنها و با توجه به حرارت تولید شده از سوخت و ساز مواد مغذی (مورد انرژی‌زا)، مقدار مشخصی را به داخل فرمانتور تزریق و دقیقاً پس از محاسبه بمصرف رسیدن آن ماده مغذی توسط تك‌یاخته‌ایها، مقدار بعدی را تزریق نماید. از این سیتم بعنوان کنترل‌کننده تغذیه مخمرهای در حال تخمیر در مقیاس بزرگتر نیز می توان با تغییراتی استفاده کرد، (۳).

۲ـ شناسائی انواع میکروارگانیسم‌های درگیر در تولید SCP :

A ـ۲) باکتریها:

باکتریها در محیط کشتی، شامل آب، نمك‌های معدنی و یك منبع نیتروژنی می توانند تکثیر یابند، اولین محصول این کشت پس از ۳ روز برداشت می شود که محتوی ۱۲ گرم محصول پروتئین تك‌سلولی زنده به ازاء هرلیتر از محیط کشت می باشد. این پروتئین شامل ۷۰ تا ۸۰ درصد اسیدهای آمینه متعادل است، (۷). همچنین باکتریها می توانند برای تخمیر برخی مواد زائد، نظیر کاه ، چوب و ضایعات آن، ضایعات مربوط به فرآیندهای غذائی مثل کنسروسازی و یا بر روی مدفوع انسان و دام کشت داده شوند (۸) و (۱۰). پروتئین موجود در باکتری‌ها در مقایسه با مخمرها بیشتر بوده و حاوی مقادیر زیاد از اسیدهای آمینه گوگرددار و مقدار کمتری لایزین است. میزان اسیدهای نوکلئیك موجود در باکتری‌ها ۱۶۰ـ۸۰ گرم در کیلوگرم ماده خشك بوده و چربی موجود در آنها بین ۲۳۶ـ۲۵ گرم بر کیلوگرم ماده خشك می باشد. چربی فوق از نظر اسیدهای چرب غیر اشباع غنی است، (۲).

B ـ۲) جلبکها:

سه‌گونه از جلبك‌های تك‌سلولی بنام‌های: Scenedesmus و Spirulina maxima, Chorolla Vulgaris در تولید پروتئین تك‌سلولی مورد توجه بشر قرار گرفته‌اند، (۱۴).

برای رشد جلبك‌ها، نور خورشید، املاح و Co_2 مورد احتیاج است. پودر جلبك بخاطر اعمال هزینه کزاف در تغذیه دام چندان مورد توجه قرار نگرفته است، با این وجود ارزش غذائی آن قابل مقایسه با پودر گوشت و پودر استخوان می باشد، (۱۱) و (۷) و (۱۰).

جلبك حدوداً حاوی ۵۰ درصد پروتئین، ۷ـ۶ درصد فیبر و ۶ـ۴ درصد خاکستر بوده و مشکل عمده در فرآیند آن چگونگی برداشت و خشك کردن فرآورده می باشد، (۷) (۱۱).

جلبکی بنام Arthrospira Platensis از نظر خوراك دام بسیار امیدبخش بوده و شامل بیش از ۶۰ درصد پروتئین باارزش بیولوژیکی بالاست، (۱۴).

C ـ۲) مخمرها:

مخمر Troulopsis utilis از رشد زیادی برخوردار است و روی انواعی از مواد، شامل عصاره‌های حاصل از پرس در صنایع کاغذسازی و ضایعات میوه‌جات رشد می نماید. (۴) اما معروفترین نوع مخمر که در تغذیه دام هم کاربرد دارد، Saccharomyces Cerevisiae یا مخمر آبجو می باشد که بیشتر با هدف تولید الکل در صنایع تخمیری مورد استفاده قرار میگیرد و استفاده از توده زنده مخمر بعنوان یك فرآورده فرعی مطرح می شود، (۱۰). از انواع دیگر مخمرها Candida lipolytica را می توان نام برد که بر روی بخش پارافینی نفت خام رشد می کند فرآیندهای تولید SCP بسته به نوع ماده اولیه، تنها از نوع خاصی میکروارگانیسم استفاده می کنند، به فرض به‌منظور تبدیل ملاس از Saccharomyces cervisae و برای تبدیل آب پنیر به SCP از مخمر Kloyveromyces fragilis استفاده می شود. درصورتیکه در فرآیند پیشرفته‌ای بنام Symba در کشور سوئد ضایعات نشاسته‌ای را توسط ترکیبی از دو نوع مخمر بنامهای Endomycopsis fibuligira و Can-dida utilis تبدیل می نمایند. ارزش غذائی مخمر تولید شده در این فرآیند در آزمایشات غذائی بر روی دام بطور گسترده‌ای مورد ارزیابی قرار گرفته که نتایج مثبتی را دربر داشته است، (۱۴).

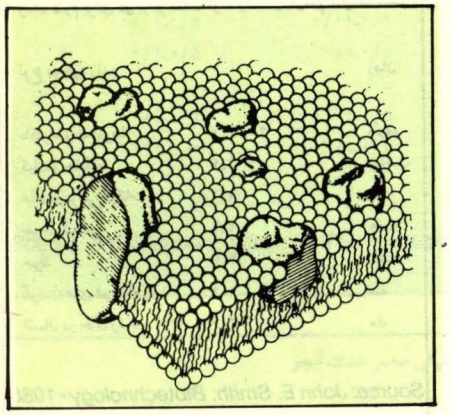
مخمر آبجو معمولاً منبع خوبی از نظر سلینوم است و بالعکس مخمر ترولا از این نظر فقیر و بنابراین می توان از آن بطور وسیعی در مطالعه نقش تغذیه‌ای سلینوم در جیره‌های پایه استفاده کرد، (۲). در مورد مخمرها و سایر توده‌های میکروبی، اگر از تخمیر هوازی استفاده و ماده اولیه، فضولات حیوانی باشد از یك تن فضولات براساس ماده خشك، حدود ۵۰۰ کیلوگرم ماده خشك پروتئین تك‌سلولی یا مخمر حاوی ۵۰ درصد پروتئین خام با کیفیت پروتئین خام کنجاله سویا، حاصل می گردد. ارزش این توده پروتئینی ۲۲۰ـ۱۸۰ دلار آمریکا به‌ازاء هر تن است، (۶). میزان اسیدنوکلئیك موجود در مخمرها ۱۲۰ـ۵۰ گرم در کیلوگرم ماده خشك بوده و نوع فیبر موجود در آنها، هرچند ممکن است قابل توجه باشد، ولی برخلاف فیبر خام در گیاهان، از سلولز و همی سلولز تشکیل نشده، بلکه عمدتاً از کلوکان‌ها، مانان‌ها و کیتین است، (۲).

۳ـ SCP در تغذیه دام و طیور:

استفاده از SCP در تغذیه دام با توجه به مسائل بیان شده فوق میتواند از اهداف اصولی متخصصین تغذیه دام در آینده باشد. در این زمینه در کشورهای پیشرفته دنیا، چه در ارتباط با تکنولوژی تولید و چه در ارتباط با کاربرد در تغذیه دام پیشرفتهای شگرفی بوقوع پیوسته است.

در این بخش سعی گردیده است، برخی از تجربیات و نتایج علمی حاصل از تحقیقات دانشمندان در زمینه کاربرد SCP در تغذیه دام و طیور بطور خلاصه بیان گردد.

Chademana و Offer (۱۹۹۰)، در آزمایشی روی شش گوسفند بالغ مجهز به کانولای شکمبه‌ای با استفاده از طرح آزمایشی مربع لاتین ۶×۶ در قالب طرحهای گردان (Change Over Designs) اثرات وارد نمودن کشت مخمر در جیره گوسفندان بر روی هضم را بررسی نمودند. این آزمایش اثر (۲) YC را روی متابولیسم مخمر، نسبت یا سرعت خروج مایع شکمبه (۳) LOR)، هضم فیبر در شکمبه و بطورکلی قابلیت هضم مواد مغذی، ارزیابی کرده است. در مطالعاتی که قبلاً انجام پذیرفته، PH شکمبه، نسبت استات به



پروپیونات و غلظت آمونیاك با اضافه کردن YC به جیره تغییر یافته و مطالعات دیگر هیچ اثری را بر روی عوامل فوق نشان نداده است. از جمله دلائل فرض شده بر این مسئله اختلاف در طبیعت جیره بکار برده شده بویژه در محتوی کربوهیدارت‌های سهل الهضم آن می باشد. در آزمایشی که توسط این دو محقق انجام شده تا حدودی به این تناقضات پاسخ داده خواهد شد. در این آزمایش سه جیره از لحاظ نسبت مواد خشبی به کنسانتره (براساس ماده خشك) بصورت ۹۰/۱۰ (LOW) ۶۵/۳۵ (Medium) و ۴۰/۶۰ (High) در اختیار حیوانات قرار گرفته شده بود. در ارتباط با مواد و روش‌های آزمایش توضیحی داده نمی‌شود و در اینجا تنها به ذکر نکات مهم و نتایج خواهیم پرداخت. نکته حائز اهمیت در این آزمایش گرایش در نسبت بالاتر مولاریته اسید پروپیونیك به اسید استیك در هنگام اضافه نمودن YC به جیره High بوده و اضافه نمودن YC اثر معنی داری روی LOR با قابلیت هضم سایر مواد در جیره در سطح آماری ۰/۰۵ نداشته است. در قرار دادن ۲۴ ساعتی کیسه‌ها در شکمبه، اضافه کردن YC به جیره هضم مواد آلی علوفه خشك را در سطح آماری ۰/۰۵ افزایش داده بود. تمایل به نسبت پائین‌تر استات به پروپیونات و PH شکمبه در زمان اضافه نمودن YC به جیره High در این آزمایش در تائید نتایج Harrison (1988) و همکارانش بوده که افراد فوق جیره‌ای محتوی ۶۰۰ gr/Kg کنسانتره را به گاوهای شیری خورانیده بودند. YC ، غلظت آمونیاك شکمبه را در جیره‌های High و Medium ، کمتر کرده بود. [Dawson (1987) و Newman] و Harrison (1988) و همکارانش نیز به‌چنین نتایجی رسیده‌اند. LOR یا سرعت جریان خروجی شکمبه زمانی که کشت مخمر به جیره با کنسانتره بالا (High) اضافه گردید، در سطح آماری

۰/۱۲ افزایش یافته بود. تحریك سرعت هضم اولیه مواد خشبی در شکمبه- که بر اثر افزودن YC در شرایط آزمایشی کیسه فیبری نتیجه شد، می‌تواند ناشی از افزایش تعداد ارگانیسم‌های سلولولیتیك و فراهم آمدن شرایط مطلوب برای آنها باشد، (۹). در آزمایش دیگری که توسط Vogt (1988) و Ergul صورت پذیرفته، این دو محقق بر روی جایگزینی مخمر آبجو بجای پودر

جدول شماره ۱

زمان لازم برای دو برابر شدن توده زنده ارگانیسم‌های مختلف

نوع موجود زنده		زمان
باکترها و مخمرها	۲۰-۱۲۰	دقیقه
کپك و جلبك	۲-۶	ساعت
علف و برخی نباتات	۱-۲	هفته
جوجه گوشتی	۲-۴	هفته
خوك	۴-۶	هفته
گوساله‌های در حال رشد	۱-۲	ماه
انسان در حال رشد	۳-۶	ماه

Source: John E. Smith, Biotechnology-1986

ماهی در جیره‌های نیمچه گوشتی توأم با سطوح بالائی از کنجاله تخم شبدر و کنجاله آفتابگردان، بررسی‌هائی را انجام داده‌اند. آزمایش فوق بطول ۶ هفته بر روی نیمچه‌های گوشتی از نژاد لوهمان‌روستر صورت پذیرفته که در آن از دو جیره پایه، محتوی ۲۰ درصد کنجاله تخم‌پنبه و ۲۰ درصد کنجاله آفتابگردان استفاده می‌شده است. جیره شاهد شامل ۸ درصد پودر ماهی و فاقد مخمر بود، تیمارهای آزمایشی محتوی بترتیب، ۲/۳، ۴/۶، ۶/۹ و ۹/۳ درصد مخمر خشك آبجو بودند. بخاطر محتوی کمتر لایزین در مخمر نسبت به پودر ماهی با افزایش سطح مخمر لایزین سنتیك به جیره اضافه گردیده بود. از نظر میزان مصرف غذا، اختلاف معنی‌داری بین گروه شاهد و گروه شامل ۴ درصد پودر ماهی و ۴/۶۳ درصد مخمر آبجو دیده شد. در میان گروه‌های آزمایشی در کل، هیچ اختلاف معنی‌داری در بهره وزنی و یا راندمان مصرف غذا مشاهده نگردید. نتایج بدست آمده از این آزمایش نشان می‌دهد که اگر جیره‌ها با منابع پروتئینی مناسب و غنی از لایزین مثل مخمر آبجو یا بیوپروتئین‌های باکتریائی تکمیل شود و جیره پایه ما محتوی مواد غذائی پروتئینی نظیر کنجاله آفتابگردان و کنجاله تخم‌پنبه باشد، نتایج آماری قابل قبولی در رابطه با سرعت رشد و راندمان تبدیل بدست خواهد آمد. در این آزمایش جایگزینی مخمر آبجو بجای پودر ماهی با موفقیت توام بوده است که این موضوع از نظر اقتصادی بسیار حائز اهمیت است.

Vananuvat (1977) و همکارانش چنین یافته‌اند که جایگزینی پودر ماهی (۳-۱/۳ درصد) و کنجاله سویا (۵/۵ درصد) توسط میزان معادل مخمر آبجو هیچ اختلاف معنی‌داری را در رشد و راندمان غذائی بوجود نمی‌آورد. برطبق نظر Valdivie (1977) تغذیه طیور گوشتی با بیش از ۱۳ درصد مخمر اثری روی رشد و راندمان مصرف غذا نخواهد داشت، در آزمایشی دیگر Mafwila و همکارانش (1977) بهترین نتایج را با ۳ درصد مخمر بدست آورده‌اند، (۱۲)، محققان آزمایشهای زیادی را بر روی درصد استاندارد مخمر آبجو در جیره‌های مختلف انجام داده و مقادیری را پیشنهاد نموده‌اند لکن با توجه به اختلاف‌نظراتی بین آنها، آزمایشات مداوم و پیگیر دیگری در این رابطه الزامی بنظر می‌رسد. در آزمایشی که در سال ۱۳۵۴ در مؤسسه تحقیقات دامپروری حیدرآباد توسط کمیته پژوهشی پروتئین‌های صنعتی مرکز تحقیقات دامپروری کشور با همکاری شرکت پتروشیمی و شرکت آی‌سی-آی (I.C.I) انگلستان انجام پذیرفت، کفایت غذائی پروتئین‌های تك‌یاخته‌ای و مقایسه آن با پودر ماهی در تولید گوشت طیور بررسی گردید. این آزمایش در چهار گروه با جیره غذائی مختلف برنامه‌ریزی شده بود. جیره اول، گروه شاهد و شامل پودر ماهی و سویا بعنوان منابع پروتئینی بوده و جیره‌های دوم، سوم و چهارم جیره‌های گروه آزمایش بودند که در آنها از پروتئین تك‌سلولی شرکت ICI با نسبتهای مختلف استفاده شده بود. نتایج حاصله برای گروههای آزمایشی و گروه شاهد کاملاً رضایت‌بخش بوده، بطوریکه سرعت رشد افزایش نشان داده و ضریب تبدیل غذا به وزن زنده کاهش یافته بود. این آزمایش جایگزینی پروتئین تك‌سلولی بجای پودر ماهی را پیشنهاد نموده، لکن بعلت اینکه در آن زمان گواهی لازم جهت استفاده از گوشت جوجه‌های تغذیه شده با SCP ارائه نگردید، جوجه‌های حاصل معدوم گردیدند. علت عدم ارائه گواهی شك و تردید در ابتلاء گوشت جوجه‌ها به مواد سرطان‌زا می‌باشد. (۱).

آزمایشات بسیار دیگری نیز نتایج مطلوبی را نشان داده‌اند. بطور کل مخمر آبجو با توجه به قابلیت هضم بالائی که دارد و همچنین بخاطر ارزش ویتامینی بالای آن بالاخص در گروه B در تغذیه طیور و خوك مناسب‌تر جلوه کرده است، (۲). در مطالعاتی که بر روی خوك صورت پذیرفته، ضریب قابلیت انرژی مخمرهائیکه بر روی زرداب پنیر و یا پلیمر پارافین کشت داده شده‌اند، بترتیب ۰/۷۹ و ۰/۹ و برای باکتریهائی که روی متانول رشد کرده‌اند، ۰/۸ بوده است. نتایج نشان می‌دهد که منظور داشتن SCP تا ۱۵ درصد جیره غذائی خوك نتایجی مانند تغذیه حیوان با کنسانتره سویا و یا پودر ماهی را دربرداشته است. چنین نتایج رضایت‌بخشی در مورد گوساله‌ها نیز بدست آمده است، با این تفاوت که حداکثر توصیه شده از مخمرهای آلکان در جیره غذائی گوساله‌های تازه از شیر گرفته شده ۸ درصد می‌باشد. در مورد طیور نیز، تراکمی از SCP که در غذای نیمچه‌های گوشتی مناسب نموده است، ۵-۲ درصد بوده، درحالیکه در مرغهای تخمگذار ۱۰ درصد پیشنهاد شده است، (۲).

با توجه به تمامی مطالب فوق تولید SCP باید برای ما یك توجیه اقتصادی قابل قبول داشته باشد چرا که این فرآیند تکنولوژی بسیار بالائی را طلب می‌نماید که نیاز به سرمایه‌گذاری سنگین دارد. بطور مثال، براساس عمل‌آوری و تبدیل فضولات/ ۲۵۰۰۰ رأس گاو پرواری (۱۸/۰۰۰ تن در سال) به پروتئین تك‌سلولی، هزینه احداث کارخانه در سال ۱۹۷۳ میلادی، ۵/۵ میلیون دلار بوده است. از این مقدار فضولات، سالانه ۳۶۰۰ تن پروتئین خالص و یا ۸۱۸۲ تن پروتئین تك‌سلولی که معادل پروتئین سویا (۴۴٪) می‌باشد، تولید می‌گردد، (۶).

۴- کیفیت و قیمت حقیقی پروتئین تك‌سلولی در مقایسه با سایر پروتئین‌های مرسوم:

در میان تمامی منابع رایج پروتئینی، پروتئین تك‌سلولی در کل در رده بالاترین منابع از نظر کمیت پروتئین خام قرار گرفته است. بهرحال پروتئین خام معیار اساسی در طبقه‌بندی پروتئین‌ها نیست و آنچه ارزش دارد، بخش قابل هضم آن بوده که به کیفیت پروتئین مرسوم است. لکن برای مصرف‌کنندگان پروتئین، مورد استفاده قرار گرفتن آن نیز، معیار و اندازه نهائی نمی‌باشد. برای مصرف‌کنندگان کسری از هزینه به ازاء هرپوند از فرآورده خریداری شده بر درصد مورد استفاده قرار گرفتن آن پروتئین مطرح بوده و باید محاسبه گردد. این معیار هزینه واقعی را بیان می‌دارد. بر این اساس پروتئین تك‌سلولی در رأس تمامی پروتئین‌ها قرار خواهد گرفت. جوجه گوشتی با هزینه ظاهری ۰/۶۸ دلار به ازاء هرپوند، میزان هزینه حقیقی معادلی حدود ۴/۶۸ دلار به ازاء پوند را نشان می‌دهد، مقدار اخیر، قیمت تصحیح شده است، گاو گوشتی با هزینه ظاهری ۱/۰۵ دلار به ازاء پوند، هزینه واقعی معادل ۷/۵۰ دلار به ازاء هرپوند داشته و در مقایسه، پروتئین تك‌سلولی هزینه واقعی معادل ۰/۴۰-۰/۲۵ دلار به ازاء هر پوند دارد که بسیار حائز اهمیت است، (۱۳). لازم به ذکر است که قیمت‌ها مربوط به سال ۱۹۷۸ میلادی است.

۵- بحث و نتیجه‌گیری:

در این مقاله بخوبی به ارزش غذائی خوب پروتئین‌های تك‌یاخته‌ای پی برده و دیدیم که این ماده غذائی گذشته از آنکه می‌تواند بعنوان جایگزین مناسبی برای سایر منابع پروتئینی در جیره‌های دام و طیور و یا بعنوان مکمل بکار برده شود، منبع مناسبی در تأمین نیاز ویتامینی حیوانات نیز بشمار می‌رود. علاوه بر مزایای فوق میتوان به مواردی چون، راحتی در حمل و نقل، تبدیل مواد بی‌ارزش تجاری به یك ماده غذائی پرارزش، حفاظت محیط‌زیست، برهم زدن رقابت بین انسان و دام بر روی منابع انرژی‌زا و پروتئینی، بازده اقتصادی مطلوب، تبدیل مواد نفتی به پروتئین و. . . اشاره نمود. در کنار سودمندیهایی ناشی از توجه به این صنعت، حجم وسیع سرمایه‌گذاری و کاربرد سیستم‌های پیچیده تکنولوژیکی از موانع بزرگ بر سر راه آن محسوب می‌شوند.

لزوم برنامه‌ریزی صحیح و تحقیقات گسترده در این زمینه علمی بخصوص در دانشگاهها و مراکز تحقیقاتی می‌تواند بعنوان اولین قدم جهت شناسائی این پتانسیل بالقوه بشمار رفته و نهایتاً مراکز اجرائی می‌توانند

همـاهنـگ با بخش تحقیقـات در بالفعـل نمودن این پتانسیل عظیم سهیم باشند. □

پاورقی:

1. SCP= Single Cell protein
2. YC= Yeast Culture
3. LOR= Liquid Output Rate
4. ADF= Acid Detergent Fiber
5. NDF= Neutral Detergent Fiber

جدول شماره ۲ ترکیب شیمیائی باکتری‌ها، مخمرها و قارچ‌ها (براساس درصد ماده خشک)

نام ترکیب یا مخمر	باکتری‌ها	مخمرها	قارچ‌ها
کربن	۵۳-۵۰	۵۰-۴۵	۶۰-۴۰
هیدروژن	۷	۷	-
نیتروژن	۱۵-۱۲	۱۱-۷/۵	۱۰-۷
فسفر	۳-۲	۲/۶-۰/۸	۴/۵-۰/۴
گوگرد	۱-۰/۲	۰/۲۴-۰/۰۱	۰/۵-۰/۱
پتاسیم	۴/۵-۱	۴-۱	۲/۵-۰/۲
سدیم	۱-۰/۵	۰/۱-۰/۰۱	۰/۵-۰/۰۲
منیزیم	۰/۵-۰/۱	۰/۵-۰/۱	۰/۵-۰/۱
کلر	۰/۵	-	-
ید	۰/۲-۰/۰۲	۰/۵-۰/۰۱	۰/۲-۰/۱
کلسیم	۱/۱-۰/۰۱	۰/۳-۰/۱	۱/۴-۰/۱

Source: P.F. Stanbury, principle of Fermentation Technology 1986

جدول شماره ۳ ترکیب شیمیائی مخمر خشک آبجو

خورانیده شده به گاو، گوسفند و اسب

%D.M	CP	P	Ca	ADF	NDF	CF
(ماده خشک)	پروتئین خام	فسفر.	کلسیم			فیبرخام
۹۳	۴۶/۹	۱/۴۹	۰/۱۳	-	-	۳

خورانیده شده به طیور و خوک As fed

DM	CP	CF	Ca	P
(ماده خشک)	پروتئین خام	فیبر خام	کلسیم	فسفر
۹۳	۴۴/۴	۳	۰/۱۲	۱/۴۰

اسیدهای آمینه- As fed ، CP 44.6

۲/۲۰ (آرژنین)	Arginine
۰/۵۰ (سیستین)	Cystine
۱/۷۰ (گلیسین)	Glycine
۱/۱۰ (هیستیدین)	Histidine
۲/۱۰ (ایزولوسین)	Isoleucine
۳/۲۰ (لوسین)	Leucine
۳ (لایزین)	Lysine
۰/۷۰ (متیونین)	Methinonin
۱/۸۰ (فنیل آلانین)	Phenylalani
۲/۱۰ (ترئونین)	Threonine
۰/۵۰ (تریپتوفان)	Tryptophan
۲/۳۰ (والین)	Valine
۱/۵۰ (تیروزین)	Tyrosine

(قسمت در میلیون) Fresh

ویتامینها- برحسب Basis-PPM

- (کاروتن)	Catotene
- (ویتامین E)	Vit. E
۳۸۸۵ (کولین)	Choline
۴۴۷ (نیاسین)	Niacin
۱۱۰ (اسید پنتوتنیک)	Pentatonic acid
۳۵ (ریبوفلاوین)	Riboflvin
۹۲ (تیامین)	Thiamin
۴۳ (ویتامین B6)	Vit B6
- (ویتامین B12)	Vit B12

Source: D.C.Church, Basic Animal Nutrition and feeding–1988

منابع:

۱- کمیته پژوهشی پروتئین‌های صنعتی مرکز تحقیقات دامپروری کشور با همکاری شرکت پتروشیمی و شرکت آی، سی، آی انگلستان، ۱۳۵۴. بررسی کفایت غذائی پروتئینهای تك‌یاخته‌ای و مقایسه آن با پودر ماهی در تولید گوشت طیور، نشریه تحقیقاتی شماره ۲۹.

۲- صوفی سیاوش، رشید. ۱۹۸۶. تغذیه دام. انتشارات عمیدی، تبریز- ۶۴۴ صفحه.

۳- فرد، فرهاد. ۱۳۶۹. بررسی نقش پروتئین تك‌سلولی در تغذیه دام و طراحی و ساخت یك سیستم دیجیتال الکترونیك بمنظور کنترل تغذیه مخمرهای در حال خمیر، پایان‌نامه لیسانس.

۴- معظمی، نسرین و سیدعباس شجاع الساداتی. ۱۳۶۹. مقدمه‌ای بر بیوتکنولوژی، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، ۱۰۳ صفحه.

۵- نیکخواه، علی و رضا کاظمی شیرازی. ۱۳۶۸، ترجمه. روش علمی تغذیه مرغ. انتشارات دانشگاه تهران، ۴۱۳ صفحه.

۶- هاشمی، مسعود. ۱۳۶۸. تغذیه دام (کاربرد فضولات حیوانی در تغذیه دام، طیور، آبزیان). ناشر، دکتر مسعود هاشمی، ۴۱۳ صفحه.

7. Banergee G.C. 1986, A text book of Animal husbandry–oxford & IBH Publishing Co. PVT. LTD.

8. Brock Th. D, Brock K. M and D.M Ward. 1986, Basic Microbiology, with applications. Prentice–Hall

9. Chademana I & N.W Offer. 1990. The effect of dietary inclusion of yeast culture on digestion in the sheep. J, Animal Production Vol 50: 483–488

10. Church D.C & W.G Pond. 1988, Basic Animal Nutrtion and Feeding. John Wiley and Sons Publication.

11. Church D.C. 1986, Livestock feed andfeeding–Prentice– Hall

12. Ergul M & H 1989. Replacing of fishmeal with brewers yeast in brolier rations with high levels of cottonseed meal and sunflowerseed meal, J, Animal Research and Development, Vol 30: 107–117.

13. Provesta Corporation with subsidiary of Phillips Petroleum Company, 1978, A Review of Animal and poultry feeding using proprietary provesta– phillips, single– cell protein.

14. Smith, J.E. 1984, Biotechnology, Edward Arnold (Publishers) Ltd.

15. Stanbury P.F & A. Whitaker. 1986, Principles of Fermentation Technology. Pergamon press

جدول شماره ۵

میانگین ترکیب شیمیائی مخمر ترولا در تغذیه طیور

مخمر خشک ترولا	Troula Yeast- Troulopsis Utilis	
رطوبت	۷	درصد
خاکستر	۷/۸	درصد
پروتئین خام	۴۸/۳	درصد
الیاف خام	۲	درصد
عصاره عاری از ازت	۳۲/۴	درصد
عصاره اتری	۲/۵	درصد
کلسیم	۰/۵۷	درصد
فسفر	۱/۶۸	درصد
منیزیم	۰/۱۳	درصد
سدیم	۰/۰۱	درصد
پتاسیم	۱/۸۸	درصد
منگنز	۱۲	قسمت در میلیون
ید	-	
آهن	۱۹۳	قسمت در میلیون
مس	۱۶	قسمت در میلیون
کبالت	-	
روی	۹۹	قسمت در میلیون
سلنیوم	۰/۰۹	قسمت در میلیون
ویتامین A	-	
ویتامین D	-	
ویتامین E	۲/۵	میلی گرم در کیلوگرم
ویتامین K	-	
تیامین	-	
ریبوفلاوین	۴۴/۴	میلی گرم در کیلوگرم
اسیدپنتوتنیک	۸۲/۹	میلی گرم در کیلوگرم
نیاسین	۵۰۰	میلی گرم در کیلوگرم
کلین	۴۰۰۰	میلی گرم در کیلوگرم
پیریدوکسین	۲۹/۵	میلی گرم در کیلوگرم
فولاسین	۲۳/۵	میلی گرم در کیلوگرم
بیوتین	۱/۱۰	میلی گرم در کیلوگرم
ویتامین B12	-	
قابلیت هضم پروتئین	۷۵	درصد
آرژنین	۲/۶۰	درصد
لایزین	۳/۸۰	درصد
متیونین	۰/۸۰	درصد
سیستین	۰/۶۰	درصد
تریپتوفان	۰/۵۰	درصد
گلیسین	۲/۷۰	درصد
هیستیدین	۱/۴۰	درصد
لوسین	۳/۵۰	درصد
ایزولوسین	۲/۹۰	درصد
فنیل الانین	۲/۰۰	درصد
تیروزین	۳/۱۰	درصد
ترونین	۲/۹۰	درصد
والین	۲/۷۰	درصد

منبع : نیکخواه و کاظمی شیرازی- روش علمی تغذیه مرغ ۱۳۶۹

جدول شماره ۴ مورد استفاده قرار گرفتن انرژی مخمر خشک آبجو براساس ماده خشک

گاو برحسب Mcal/Kg

%TDN	NE1	NEg	NEm	ME	DE
۷۹	۱/۷۹	۱/۲۷	۱/۹۱	۲/۸۶	۳/۴۸

گوسفند و اسب Mcal/Kg

اسب		گوسفند			
%TDN	DE	TDN%	NEg	NEm	ME	DE
۷۵	۳/۳۰	-	-	-	-	-

خوک و طیور Kcal/Kg-Asfed

خوک		طیور
ME	DE	ME
۲۷۰۷	۳۱۳۵	۱۹۹۰

Soruce: D.C. Church, Basic Animal Nutrition and Feeding 1988

جدول شماره ۶- ترکیب شیمیائی پروتئین تک‌سلولی حاصل از محیط‌های کشت مختلف

ماده مورد استفاده	میکروارگانیسم	ماده خشک	ماده آلی	پروتئین خام	چربی خام	فیبر خام	خاکستر
		گرم در کیلوگرم ماده خشک					
روغن نفت	Candida lipolytica	۹۱۹	۹۱۴	۶۷۸	۲۵	۴۴	۸۶
روغن نفت	Candida lipolytica	۹۰۳	۹۱۷	۴۹۴	۱۳۲	۴۱	۸۴
n- پارافین	Candida lipolytica	۹۳۲	۹۳۴	۶۴۴	۹۲	۴۷	۶۶
n- پارافین	Candida lipolytica	۹۱۴	۹۳۳	۴۸۰	۲۳۶	۴۷	۶۷
n- آلکان ها	Pichia guillerm	۹۷۱	۹۴۱	۵۰۱	۱۲۲	۷۶	۵۹
زرداب پنیر (اسیدلاکتیک)	Candida Pseudotropicalis	۹۰۰	۹۰۰	۶۴۰	۵۶	۵۰	۱۰۰
متانول	Candida boidinii	۹۳۸	۹۳۹	۳۸۸	۷۷	۱۰۷	۶۱
متانول	Pseudomonas methylica	۹۶۷	۹۰۳	۸۱۹	۷۹	۵	۹۷
لیکورسولفات	Candida utilis	۹۱۷	۹۲۵	۵۵۳	۷۹	۱۳	۷۵
ملاس	Saccharomyces cerevisae	۹۰۸	۹۳۲	۵۱۵	۶۳	۱۸	۶۳
عصاره مالت	Saccharomyces carlsbergensis	۸۹۹	۹۲۶	۴۵۸	۳۱	۱۱	۷۴

منبع : صوفی سیاوش، تغذیه دام- ۱۳۶۵