

## مطالعه امکان کشت گونه های مختلف مخمر بر آب پنیر و ملاس برای تولید پروتئین تک یاخته

• فرشاد زمانی دهکردی

عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرکرد

• فرهید همت زاده

عضو هیات علمی دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: اردیبهشت ماه ۱۳۸۵ تاریخ پذیرش: دی ماه ۱۳۸۶

Email: Zamani\_farshad@yahoo.com

### چکیده

مخمرها اولین میکرواورگانیسم هائی بودند که در خصوص آن ها مطالعات زیادی انجام شده و برای مصرف در تغذیه انسان و دام قابل قبول، زیرا مخمرها به ندرت سمی یا بیماری زا می باشند. این تحقیق برای بررسی امکان تولید پروتئین تک یاخته ای از آب پنیر و آب پنیر مخلوط با غلظت های مختلف ملاس چغندر قند (۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد) به وسیله ۴ نوع مخمر *Saccharomyces cerevisia*، *Candida intermedia*، *Kluyveromyces fragilis* و *Candida pseudotropicalis* در قالب یک طرح بلوک کامل تصادفی با روش فاکتوریل (۴×۵) انجام شد. مقدار ۱ میلی لیتر از غلظت ۱۰<sup>-۲</sup> هر یک از مخمرهای رشد یافته در محیط آب گوشت سابردکستروز به محیط کشت های آب پنیر و آب پنیر با غلظت های مختلف ملاس منتقل و به مدت ۲۸ ساعت در دمای ۳۸ درجه گرم خانه گذاری شد. رشد سلولی، مصرف لاکتوز و تولید بیومس با پنج تکرار اندازه گیری گردید. نتایج این تحقیق نشان داد مخمر *K. fragilis* نسبت به سایر مخمرهای به کار رفته در این آزمایش در تمامی محیط ها، بیومس بیشتری تولید می کند (p < ۰/۰۵). مقدار بیومس تولیدی ۱۶/۲، ۱۸/۷، ۱۹/۲، ۱۹/۷ و ۱۹/۵ گرم در لیتر به ترتیب برای محیط های کشت حاوی آب پنیر و آب پنیر حاوی ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد ملاس بدست آمد. هم چنین اضافه نمودن ملاس به مقدار ۲۰ درصد به محیط آب پنیر، رشد سلولی مخمر *K. fragilis* را نسبت به محیط های کشت آب پنیر و آب پنیر حاوی ۱۰ درصد ملاس به صورت معنی داری بهبود داد (p < ۰/۰۵). لذا بر اساس نتایج این آزمایش، اضافه کردن ۲۰ تا ۳۰ درصد ملاس به آب پنیر، عمل کرد تولید بیومس را ۳۵ تا ۳۸ درصد افزایش خواهد داد.

کلمات کلیدی: آب پنیر، ملاس، مخمر، پروتئین تک یاخته ای، بیومس

Pajouhesh &amp; Sazandegi No 81 pp: 107 - 118

**Study of cultivation different yeast species in whey and molasses to single cell protein production**

By: F. Zamani, Scientific Member, Agricultural and Natural Research Resource Center of Shahrekord, Iran. F. Hemmatzadeh, Scientific Member of Veterinary Faculty, Tehran University. Iran.

Yeast were the first microorganisms known, the best studied and generally best accepted by consumers, Yeast are rarely toxic or pathogenic and can be used in human and animal diets. This research was carried out to produce single cell protein (SCP) in whey and whey with different concentration of molasses (0, 10, 20, 30 and 40%) by *Kluyveromyces fragilis*, *Candida pseudotropicalis*, *Saccharomyces cerevisia* and *Candida intermedia* yeasts. Disinfecting was a randomly complete block with 5×4 factorial treatment arrangement. For this purpose 1ml of 10<sup>-3</sup> dilute of each grown yeast in Sabouraud dextrose broth was added to each experimental culture and then the culture were incubated and cell culture, lactose determination according to growth time were carried out and biomass were measured finally. The results showed that *Kluyveromyces fragilis* yeast could have grown, consuming the lactose present in culture and producing considerable amount of biomass than others yeasts. By increasing the molasses concentration, increased the amount of biomass (p<0.05). The amounts of biomass produced were 16.2, 18.7, 19.2, 19.7 and 19.5 g/lit in 0, 10, 20, 30 and 40% of molasses. In this research 20 to 30 percent of molasses added in whey increased significantly *Kluyveromyces fragilis* yeast biomass to 35- 38 percentage.

**Key words:** Whey, Molasses, Yeast, Single Cell Protein, Biomass

**مقدمه**

به سلول‌های خشک میکروارگانیسم‌ها از قبیل جلبک، کپک، قارچ، باکتری و مخمر که به صورت انبوه برای مصرف در تغذیه دام و انسان تولید می‌شود، پروتئین‌های تک سلولی اطلاق می‌گردد (۱۱). ظرفیت بالای تولید پروتئین توسط این تک یاخته‌ها و امکان تولید آنها با استفاده از مواد ارزان قیمت و یا پس مانده محصولات صنعتی و کشاورزی که منجر به حفظ محیط زیست خواهد بود، از طرف دیگر کاربرد این پروتئین‌ها در تغذیه دام و طیور اهمیت زیادی دارد (۱۲). مخمرها اولین میکروارگانیسم‌های شناخته شده‌ای هستند که بیشترین مطالعه در مورد آنها انجام گرفته و عموماً توسط مصرف کنندگان بهتر پذیرفته شده‌اند (۱۳). مخمرها به ندرت سمی یا بیماری‌زا بوده و قابلیت مصرف در غذای انسان‌ها را دارند، هرچند محتویات پروتئینی آنها به ندرت از ۷۰ درصد بیشتر می‌شود با این حال غلظت اسیدهای آمینه ضروری مثل لیزین، تریئوفان و ترئونین در آنها بیشتر از فرآورده‌های حیوانی از جمله پودر ماهی می‌باشد و در مقابل از نظر مقادیر اسیدهای آمینه گوگرددار، مثل متیونین و سیستین فقیر می‌باشند. آنها هم چنین از نظر ویتامین‌های گروه B سرشار بوده و محتویات اسید نوکلئیک آنها بین ۴ تا ۱۰ درصد می‌باشد (۸). مخمرها از باکتری‌ها بزرگ‌تر بوده که این نکته به جداسازی آنها کمک می‌کند. هرچند سرعت رشد آنها نسبتاً آهسته می‌باشد، زمان تزاید آنها بین ۲ تا ۵ ساعت گزارش شده است (۶). تحقیقات قبلی، تولید پروتئین‌های تک سلولی را روی محیط‌های آب پنیر و ملاس به صورت جداگانه مورد بررسی قرار داده است (۸). ملاس یکی از مواد مناسب برای رشد میکروارگانیسم‌هاست، این مسئله اغلب به خاطر درصد قابل توجه قند موجود در آن

است. مهم‌ترین قندهای ملاس، سوکروز ۳۱/۸ درصد، فروکتوز ۶/۹ درصد، گلوکز ۵/۵ درصد و برخی از قندهای ۵ کربنی می‌باشند. فسفر از عناصر بسیار مهم و ضروری برای رشد مخمرها است که در ملاس به مقدار کافی وجود دارد (۶). اما تا کنون درصدهای مختلف ملاس به همراه آب پنیر برای بدست آوردن محیط تکمیلی جهت تسریع در رشد و استفاده بهینه از ترکیبات مواد مغذی صورت نگرفته است. از طرفی در کشور تعدادی زیادی کارخانه صنایع فرآورده‌های لبنی وجود دارد که سالانه مقدار زیادی آب پنیر تولید می‌نمایند، این محصول فرعی بعنوان یک معضل اساسی در آلودگی محیط زیست قلمداد می‌گردد. مطالعات قبلی نشان داده‌اند که این گونه ضایعات می‌توانند به خوبی برای تولید پروتئین و مصرف آن در تغذیه دام، طیور و انسان مورد استفاده قرار گیرند. در یک مطالعه چندین نوع مخمر از جمله کاندیدا، کریپتوکوکوس، کلارومیسس، پاشیسلن، ساکارومیسس و تورولوپسیس را برای تولید پروتئین تک یاخته‌ای را مورد استفاده قرار دادند و آب پنیر تازه و اسیدی شده را مصرف کرده و بالاترین مقدار بیومس ۲۷-۳۳ گرم بر لیتر بعد از ۴۸ ساعت و در pH حدود ۵ و بالای ۲۸ درجه سانتیگراد به وسیله مخمر *Candida hemicula* و *K. fragilis* به دست آمد و مقدار پروتئین این مخمرها به ترتیب ۵۴/۱۸ و ۴۸/۳ درصد بود (۴). در یک مطالعه دیگر مخمر *Candida pseudotropicalis* در محیط آب پنیر برای تولید پروتئین تک یاخته‌ای استفاده شد، که میزان بیومس تولیدی ۱۵ میلی گرم در میلی لیتر با میانگین پروتئین ۲۱/۴ درصد بود (۲). در تحقیق دیگری که به وسیله مخمر *Candida pseudotropicalis* انجام شد، میزان لاکتوز اولیه ۴/۲ درصد بود که در مدت ۴۸ ساعت به طور کامل مصرف شد (۱۱). در تحقیقی که برای تعریف شرایط متعادل رشد مخمر

گوشت سابرو دکستروز منتقل شد و در انکوباتور مخصوص به مدت ۲۴ ساعت نگهداری شد. برای بررسی خالص بودن نمونه میکرواورگانیزم از روش کشت خطی استفاده شد (۱۲).

### روش تهیه محیط کشت از آب پنیر و ملاس و انجام آزمایش

در این تحقیق آب پنیر و ملاس فیلتر شده به عنوان محیط کشت آزمایشی استفاده شد. بلافاصله بعد از انتقال نمونه به آزمایشگاه به وسیله جوشاندن در دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد و به مدت ۱۵ دقیقه پروتئین های آب پنیر و ملاس منعقد شد. پس از سرد شدن نمونه ها، پروتئین های منعقد شده به وسیله پارچه تمیز جدا گردید. آب پنیر و ملاس صاف شده در یخچال نگهداری شد و به هنگام استفاده پس از اضافه کردن سولفات آمونیوم به عنوان منبع نیتروژن به میزان ۱/۵۹ گرم در لیتر در دستگاه اتوکلاو استریل و مورد استفاده قرار گرفت (۵). برای این کار مقدار آب پنیر و ملاس مورد نیاز را به طور جداگانه در ارلن های ۲ لیتری ریخته و درب آنها با تامپون پوشانیده شد، سپس به وسیله ورق های آلومینیومی کاملاً مسدود گردید و توسط چسب مخصوص نشان گر استریلیزاسیون در پوش را ثابت نموده و آنها را در اتوکلاو ۱۲۱ درجه سانتیگراد به مدت ۱۵ دقیقه قرار داده تا استریل شوند. یک صد عدد بشر ۱۰۰ میلی لیتری برای انجام آزمایش (۵ تکرار ۲۰ عددی و هر تکرار شامل ۴ نوع مخمر و هر نوع مخمر در ۵ نوع محیط کشت از نظر درصد های مختلف ملاس با آب پنیر شامل: ۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد ملاس) را استریل نموده و مورد استفاده قرار داده و مخمر های مورد نظر با رقت مشخص به میزان یک میلی لیتر به هر کدام از محیط های کشت اضافه شد. از زمان تلقیح مخمر به محیط آب پنیر و آب پنیر مخلوط با ملاس، هر ساعت و جمعا تا ۲۸ ساعت بعد نمونه گیری به عمل آمد و به محیط جامد سابرو اکستروز آگار، که از قبل آماده شده بود انتقال داده شد. برای این کار از همه نمونه ها در هر نوبت توسط سمپلر ۱۰۰ میکرولیتر برداشت نموده روی محیط جامد داخل پتری دیش انتقال داده و در مجاورت شعله آنرا پخش و یکنواخت نموده و در درجه حرارت آزمایشگاه تا ۲۰ ساعت بعد نگهداری و سپس شمارش پرگنه ها انجام شد. برای این کار از دستگاه شمارش گر کلنی استفاده شد. این آزمایش در قالب طرح بلوک کامل تصادفی به روش فاکتوریل (۴×۵) با ۵ تکرار انجام شد.

### روش اندازه گیری لاکتوز و بیومس در نمونه ها

برای اندازه گیری قند لاکتوز از دستگاه لاکتومتر (مدل GI۶۰۰) و برای اندازه گیری وزن خشک سلولی (بیومس) دو روش استفاده شد، در روش اول ابتدا حجم مشخص از نمونه مورد نظر با دور ۵۵۰۰ در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفوژ گردید. مایع سطحی را دور ریخته و قسمتی که رسوب کرد، بوسیله آب مقطر شستشو داده، دوباره سانتریفوژ کرده و سپس بر روی کاغذ صافی که قبلاً توزین شده بود ریخته و در دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد در آن آزمایشگاهی قرار داده شد و پس از رسیدن به وزن ثابت با توزین مجدد و مقایسه آن با وزن کاغذ صافی خالی بیومس خشک بر حسب گرم بر لیتر به دست آمد. در روش دوم ۱ میلی لیتر از هر نمونه مستقیماً بر روی کاغذ های صافی که توزین شده بود ریخته و در آن خشک و توزین گردید. برای اندازه گیری درصد پروتئین از بیوفتومتر (مدل ۱۹۹۴) استفاده شد. در این تحقیق اطلاعات جمع آوری شده توسط بسته

*C. curata* و *Trichosporon cutaneum* انجام، نشان دادند میزان تولید مخمر ۱۹/۶ تا ۲۶/۸ گرم توده سلولی بر هر لیتر بود (۱۰). برای بررسی پتانسیل تولید توده سلولی ۱۴ گونه کاندیدا مورد مطالعه قرار گرفت (۷) که از لحاظ میزان مصرف لاکتوز تفاوت آماری معنی داری را نشان دادند و وقتی به آب پنیر مقدار ۵ درصد سدیم کلراید اضافه شد مخمر *Candida pseudotropicalis* رشد بهتری را نشان داد. هم چنین توسط محققین دیگری تأثیر زمان انکوباسیون، میزان هوادهی و سرعت به هم زدن روی رشد *K. fragilis* بررسی شد و در نتیجه میزان مصرف لاکتوز ۷۵ تا ۹۹ درصد و توده سلولی ۱/۳ تا ۳۴/۳ گرم بر لیتر بدست آمد و نشان داده شد این مخمر برای استفاده از آب پنیر توانائی بهتری دارد (۳). هم چنین نشان داده شد مخمر *K. fragilis* ضمن توانائی رشد بیشتر در شرایط هوازی میزان کمتری از ترکیبات غیر پروتئینی ازت دار را ذخیره میکند این مسئله مصرف آن را در تغذیه دام و انسان تسهیل می نماید (۱۳) هدف از انجام این تحقیق برای بررسی امکان تولید پروتئین تک یاخته ای از آب پنیر و آب پنیر مخلوط با غلظت های مختلف ملاس چغندر قند بوسیله ۴ نوع مخمر *C. pseudotropicalis*، *S. cerevisia*، *K. fragilis* و *C. intermedia* بود.

### مواد و روش ها

#### محل انجام آزمایش و نمونه ها

این آزمایش در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرکرد از شهریور ماه ۱۳۸۲ به مدت یک سال انجام شد. نمونه های آب پنیر از کارخانه تولید پنیر کوه رنگ و نمونه های ملاس چغندر قند از کارخانه قند شهرکرد در استان چهارمحال و بختیاری در ظروف پلاستیکی اخذ و در شرایط یخچال به آزمایشگاه منتقل و در آزمایشگاه میزان دانسیته، پروتئین، لاکتوز، چربی و ماده خشک نمونه ها مورد آزمایش قرار گرفت و مقدار قند موجود در آنها محاسبه شد.

#### روش آزمایش شیمیائی نمونه های آب پنیر و ملاس

ابتدا ترکیب آب پنیر و ملاس شامل ماده خشک بوسیله خشک کن الکتریکی، درصد پروتئین خام با استفاده از روش ماکروکلدال، درصد چربی خام بوسیله دستگاه سوکسله، میزان ماده معدنی یا خاکستر از طریق سوزاندن کامل نمونه در کوره الکتریکی با استفاده از روش های ارائه شده AOAC (۱۹۹۸) تعیین گردید. هم چنین، درصد قند لاکتوز به وسیله دستگاه لاکتومتر (۷)، قندهای محلول با روش محاسبه (۱) بدست آمد. برای افزایش دقت آزمایش ده نمونه آب پنیر و ده نمونه ملاس و هر نمونه دو بار مورد استفاده قرار گرفت و میانگین اعداد بدست آمده در محاسبات استفاده شد.

#### تهیه و استفاده از نمونه های مخمر

نمونه های مخمر مورد استفاده شامل چهار گونه *K. fragilis*، *C. pseudotropicalis*، *S. cerevisia* و *C. intermedia* بود، که با بررسی تحقیقات قبلی انجام شده، از طریق کلکسیون میکرو ارگانیزم های موجود در مؤسسه تحقیقاتی عصر انقلاب و دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران به صورت لیوفلیزه تهیه گردید. مخمرها در شرایط استریل به محیط کشت آب

نداد ( $p < 0/05$ ) لذا مقادیر ارائه شده مربوط به رقت ۳-۱۰ آورده شده است. مقدار تولید بیومس بدون توجه به غلظت آب پنیر و ملاس برای ۴ گونه مخمر *S. cerevisia*، *C. pseudotropicalis*، *K. feragilis* و *C. intermedia* به ترتیب  $11/46 \pm 1/88$ ،  $16/60 \pm 0/88$ ،  $14/93 \pm 5/23$  و  $16/00 \pm 0/57$  گرم بر لیتر بدست آمد که بین آنها اختلاف آماری معنی دار وجود داشت ( $p < 0/01$ ). هم چنین میانگین تولید بیومس بدون توجه به نوع مخمر و تنها بر اساس غلظت ملاس در سوپسترا (۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد) به ترتیب  $12/86$ ،  $16/75$ ،  $17/36$ ،  $17/81$  و  $17/96$  گرم بر لیتر بود که بین همه گروه ها به جز غلظت ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد ملاس اختلاف آماری معنی داری وجود داشت ( $p < 0/01$ ).

همان گونه که در جدول ۲ ملاحظه می شود، مخمر *K. feragilis* در آب پنیر خالص بعد از ۲۴ ساعت  $16/1$  گرم بیومس به ازای هر لیتر تولید کرده است، که نسبت به ۳ گونه دیگر به صورت معنی داری بالاتر بود ( $p < 0/05$ ). این موضوع نشان می دهد، این مخمر قابلیت استفاده بیشتری از آب پنیر را دارد. اگر چه *C. pseudotropicalis* و *C. interm* نیز در محیط آب پنیر رشد مناسبی داشته اند. مخمر *S. cerevisia* در آب پنیر رشد بسیار ضعیفی داشت و تنها  $4/8$  گرم در هر لیتر تولید بیومس نمود. در سوپسترای حاوی ۹۰ درصد آب پنیر و ۱۰ درصد ملاس نیز مخمر *K. feragilis* با تولید  $18/7$  گرم بر لیتر بیومس نسبت به سایر گونه ها عمل کرد بالاتری داشت. در این محیط مخمر *S. cerevisia* نیز، رشد مطلوبی داشته است. در محیط های ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد ملاس، تولید بیومس برای گونه مخمر *K. feragilis* و *S. cerevisia* بالاتر بود و در سطح ۴۰ درصد به ترتیب  $19/5$  و  $18/3$  گرم در لیتر بود که نسبت به دو مخمر دیگر بالاتر و اختلاف آماری معنی داری وجود داشت ( $p < 0/05$ ). میانگین درصد کاهش لاکتوز موجود در محیط توسط چهار گونه مخمر مورد استفاده در جدول ۳ نشان داده شده است. بالاترین میزان مصرف لاکتوز بعد از ۲۴ ساعت مربوط به مخمر *K. feragilis* در محیط کشت حاوی آب پنیر و ۴۰ درصد ملاس چغندر قند بود و کمترین آن با  $34/8$  درصد مصرف لاکتوز مربوط به مخمر *S. cerevisia* بود که اختلاف آماری معنی داری دارند ( $p < 0/01$ ).

#### روش آزمایش شیمیائی نمونه های آب پنیر و ملاس

میانگین درصد مصرف لاکتوز بدون توجه به غلظت ملاس در آب پنیر برای ۴ گونه مخمر *S. cerevisia*، *C. pseudotropicalis*، *K. feragilis* و *C. intermedia* به ترتیب  $7/84 \pm 7/63$ ،  $11/14 \pm 1/96$ ،  $29/47 \pm 9/39$  و  $10/72 \pm 1/93$  درصد بود که بین آنها اختلاف آماری معنی دار وجود داشت ( $p < 0/05$ ). میزان مصرف لاکتوز دو مخمر *C. pseudotropicalis* و *C. intermedia* تقریباً مساوی و اختلاف آماری معنی داری را نشان ندادند.

نرم افزاری (۱۹۹۶) SAS با رویه تجزیه واریانس مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. میانگین تولید بیومس و درصد لاکتوز مصرفی توسط آزمون دانکن مورد مقایسه قرار گرفت.

### نتایج و بحث

#### تجزیه شیمیائی نمونه های آب پنیر و ملاس

ترکیب شیمیائی نمونه های بکار رفته در این آزمایش شامل درصد ماده خشک، درصد پروتئین، درصد چربی، درصد لاکتوز و مواد معدنی در جدول ۱ نشان داده شده است. بیشترین تغییر در ترکیب آب پنیر مربوط به درصد پروتئین باقی مانده در آب پنیر بود. در گزارش دیگری نیز مقدار پروتئین باقی مانده در آب پنیر تغییرات قابل توجهی داشت که بیشتر این پروتئین ها از نوع لاکتالبومین و لاکتوگلوبولین بود (۲) این پروتئین ها در هنگام فیلتراسیون آب پنیر جدا می شوند. درصد لاکتوز موجود در نمونه های آب پنیر با میزان لاکتوز گزارش شده در برخی تحقیقات (۶،۲) هم خوانی داشت.

Barraquio و همکاران (۲) لاکتوز اولیه در آب پنیر را  $4/2$  درصد بیان کردند. مقادیر فسفر موجود در ملاس در این آزمایش حدود  $0/1$  درصد بدست آمد، که می تواند تا حدی جبران کمبود فسفر در آب پنیر را بنماید. نتایج نمونه برداری های مکرر و انجام آزمایشات دانسیته و اسیدیته آب پنیر بعد از ۱۵ ساعت نشان داد که میانگین دانسیته آب پنیر مورد استفاده در این آزمایش،  $1/0246$  و میانگین اسیدیته حدود  $9/12$  می باشد

جدول شماره ۱ میانگین درصد ترکیب شیمیائی نمونه های آب پنیر و ملاس

نوع نمونه	ماده خشک	پروتئین خام	لاکتوز	چربی	قند	خاکستر	کلسیم	فسفر
آب پنیر	$6/68$	$0/85$	$4/75$	$0/6$	-	$0/49$	$0/08$	$0/02$
	$\pm 1/02$	$\pm 0/16$	$\pm 0/15$	$\pm 0/09$		$\pm 0/07$	$\pm 0/03$	$\pm 0/003$
ملاس	$7/14$	$11/3$	-	$0/2$	$46/4$	$13/1$	$1/2$	$0/1$
	$\pm 8/24$	$\pm 2/53$		$\pm 0/01$	$\pm 7/15$	$\pm 2/05$	$\pm 0/06$	$\pm 0/03$

#### مقایسه عملکرد چهار گونه مخمر در محیط کشت آزمایشی

برای بررسی توان تولیدی میزان بیومس چهار گونه *K. feragilis*، *C. pseudotropicalis*، *S. cerevisia* و *C. intermedia* در محیط کشت مخلوط آب پنیر و ملاس با نسبت های ۳۰، ۲۰، ۱۰، ۴۰ درصد ملاس، سه رقت  $10^{-1}$ ،  $10^{-2}$  و  $10^{-3}$  از سوسپانسیون مخمر را در محیط های فوق تلقیح و پس از ۲۴ ساعت، بیومس تولیدی و مقدار مصرف لاکتوز مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن در جدول شماره ۲ و ۳ نشان داده شده است. میزان مصرف لاکتوز و تولید بیومس پس از ۲۴ ساعت در رقت های  $10^{-1}$ ،  $10^{-2}$  و  $10^{-3}$  سوسپانسیون اختلاف آماری معنی داری را نشان

جدول ۲- تولید بیومس بر حسب غلظت های متفاوت ملاس در آب پنیر و نوع مخمر (گرم بر لیتر در ۲۸ ساعت)

SE	غلظت ملاس در آب پنیر (درصد)					نوع مخمر
	۴۰	۳۰	۲۰	۱۰	۰	
۰/۲۸	۱۹/۵۰ <sup>c</sup> ±۰/۴۹	۱۹/۷۱ <sup>c</sup> ±۰/۵۳	۱۹/۲۳ <sup>bc</sup> ±۰/۴۲	۱۸/۷۶ <sup>b</sup> ±۰/۹۲	۱۶/۱۰ <sup>a</sup> ±۰/۶۶	<i>Kluyeromyces feragilis</i>
۰/۲۱	۱۷/۵۳ <sup>c</sup> ۰/۶۰	۱۷/۳۲ <sup>c</sup> ±۰/۴۰	۱۶/۵۲ <sup>b</sup> ±۰/۴۹	۱۶/۲۳ <sup>b</sup> ±۰/۴۹	۱۵/۴۲ <sup>a</sup> ±۰/۲۵	<i>Candida pseudotropicalis</i>
۰/۲۷	۱۸/۳۱ <sup>d</sup> ±۰/۴۹	۱۷/۹۲ <sup>cd</sup> ±۰/۷۷	۱۷/۵۰ <sup>c</sup> ±۰/۸۰	۱۶/۱۰ <sup>b</sup> ±۰/۴۸	۴/۸۳ <sup>a</sup> ±۰/۴۰	<i>Sacchomyces cerevisia</i>
۰/۱۴	۱۶/۵۰ <sup>c</sup> ±۰/۱۹	۱۶/۳۰ <sup>c</sup> ±۰/۴۲	۱۶/۲۰ <sup>c</sup> ±۰/۱۱	۱۵/۹۲ <sup>b</sup> ±۰/۴۲	۱۵/۱۰ <sup>a</sup> ±۰/۲۶	<i>Candida intermedia</i>

در هر ردیف اعدادی که دارای حروف متفاوت باشند، اختلاف آماری معنی داری دارند ( $p < 0.05$ ).

جدول ۳- درصد کاهش لاکتوز در محیط کشت آب پنیر با غلظت های مختلف ملاس (۲۴ ساعت)

SE	غلظت ملاس در آب پنیر (درصد)					نوع مخمر
	۴۰	۳۰	۲۰	۱۰	۰	
۰/۷۰	۹۸/۵۰ <sup>cd</sup> ±۱/۹۵	۹۹/۰۷ <sup>d</sup> ±۱/۲۸	۹۷/۱۲ <sup>c</sup> ±۱/۸۶	۸۹/۱۷ <sup>b</sup> ±۱/۴۲	۷۹/۳۰ <sup>a</sup> ±۱/۱۷	<i>Kluyeromyces feragilis</i>
۰/۶۳	۸۱/۳۰ <sup>e</sup> ±۰/۸۸	۷۸/۸۲ <sup>d</sup> ±۱/۰۲	۷۵/۵۵ <sup>c</sup> ±۱/۷۶	۶۷/۶۲ <sup>b</sup> ±۱/۸۸	۵۱/۵۱ <sup>a</sup> ±۳/۶۳	<i>Candida pseudotropicalis</i>
۰/۳۴	۳۴/۸۳ <sup>c</sup> ۰/۴۸	۳۰/۸۴ <sup>d</sup> ±۰/۳۱	۳۴/۵۱ <sup>c</sup> ±۰/۳۶	۳۵/۷۶ <sup>b</sup> ±۱/۱۴	۱۱/۳۷ <sup>a</sup> ±۰/۷۵	<i>Sacchomyces cerevisia</i>
۰/۲۳	۷۹/۷۵ <sup>c</sup> ±۱/۰۷	۷۲/۱۳ <sup>d</sup> ±۰/۱۰	۶۹/۸۱ <sup>c</sup> ±۰/۱۱	۵۷/۲۷ <sup>b</sup> ±۰/۳۳	۵۰/۷۲ <sup>a</sup> ±۰/۲۳	<i>Candida intermedia</i>

در هر ردیف اعدادی که دارای حروف متفاوت باشند، اختلاف آماری معنی داری دارند ( $p < 0.05$ ).

و یا شرایط انجام آزمایش باشد. هم چنین نتایج این آزمایش نشان داد با افزایش غلظت ملاس در محیط کشت پایه میزان تولید بیومس افزایش معنی داری دارد ( $p < 0.05$ ). این مسئله می تواند به دلیل کافی تر بودن

کمترین درصد مصرف لاکتوز در محیط کشت بدون ملاس مربوط به مخمر *S. cerevisia* با ۱۱/۴ درصد بدست آمد. از مقایسه جدول ۲ و ۳ کاملاً مشهود است که مخمر *K. feragilis*، ضمن مصرف بیشتر لاکتوز، بالاترین

جدول ۴- تولید بیومس توسط مخمر کلارومیسیس بر حسب زمان کشت (گرم بر لیتر)

SE	غلظت ملاس در آب پنیر (درصد)					زمان (ساعت)
	۴۰	۳۰	۲۰	۱۰	۰	
۰/۰۳	۰/۵۸ <sup>a</sup> ±۰/۰۸	۰/۶۱ <sup>a</sup> ±۰/۰۶	۰/۵۸ <sup>a</sup> ±۰/۰۷	۰/۵۹ <sup>a</sup> ±۰/۰۸	۰/۵۷ <sup>a</sup> ±۰/۰۷	۴
۰/۰۵	۱/۱۵ <sup>a</sup> ±۰/۰۷	۱/۲۰ <sup>a</sup> ±۰/۱۴	۱/۱۳ <sup>a</sup> ±۰/۱۰	۱/۰۵ <sup>a</sup> ±۰/۰۹	۱/۱۱ <sup>a</sup> ±۰/۱۲	۸
۰/۰۸	۵/۰۴ <sup>b</sup> ±۰/۲۴	۴/۹۱ <sup>b</sup> ±۰/۱۸	۴/۸۶ <sup>b</sup> ±۰/۲۱	۴/۹۵ <sup>b</sup> ±۰/۰۹	۲/۷۱ <sup>a</sup> ±۰/۱۵	۱۲
۰/۳۶	۱۰/۹۴ <sup>b</sup> ±۰/۹۵	۹/۸۸ <sup>b</sup> ±۱/۰۱	۹/۶۵ <sup>a</sup> ±۰/۸۵	۹/۷۱ <sup>a</sup> ±۰/۷۷	۸/۵۲ <sup>a</sup> ±۰/۴۸	۱۶
۰/۲۳	۱۹/۴۲ <sup>b</sup> ۰/۴۹	۱۹/۵۷ <sup>b</sup> ±۰/۷۷	۱۸/۷۳ <sup>b</sup> ±۰/۲۹	۱۸/۱۲ <sup>b</sup> ±۰/۵۱	۱۴/۳ <sup>a</sup> ±۰/۴۲	۲۰
۰/۲۸	۱۹/۵۰ <sup>b</sup> ±۰/۴۹	۱۹/۷۱ <sup>b</sup> ±۰/۵۳	۱۹/۲۳ <sup>b</sup> ±۰/۴۲	۱۸/۷۶ <sup>b</sup> ±۰/۹۲	۱۶/۱۰ <sup>a</sup> ±۰/۶۶	۲۴
۰/۲۹	۱۹/۶۳ <sup>b</sup> ±۰/۷۸	۱۹/۶۴ <sup>b</sup> ±۰/۶۳	۱۹/۲۸ <sup>b</sup> ±۰/۶۰	۱۸/۵۲ <sup>b</sup> ±۰/۶۱	۱۶/۱۵ <sup>a</sup> ±۰/۳۸	۲۸

در هر ردیف اعدادی که دارای حروف متفاوت باشند، اختلاف آماری معنی داری دارند ( $p < 0.05$ ).

مواد مغذی مورد نیاز مخمر برای رشد باشد، زیرا ملاس حاوی مواد مغذی قابل توجهی برای رشد مخمر می باشد (۸). با افزایش زمان، پس از تلقیح سوسپانسیون حاوی مخمر *K. feragilis*، در کلیه تیمارها، افزایش توده سلولی تا ۲۴ ساعت پس از تلقیح وجود داشت و بعد از ۲۴ ساعت سرعت رشد توده سلولی کاهش و در برخی از سطوح ثابت باقی ماند. در اولین زمان ثبت اطلاعات پس از تلقیح یعنی ۴ ساعت بعد، بیومس تولیدی در محیط آب پنیر یا محیط های مخلوط آب پنیر و ملاس، اختلاف آماری معنی داری نشان نداد، اگرچه در غلظت ۳۰ درصد ملاس میانگین توده سلولی ۰/۶۱ گرم در لیتر بدست آمد.

هنگامیکه مخمر *K. feragilis* توسط محققین دیگر (۳) به کار برده شد، میزان تولید بیومس در محیط آب پنیر ۱/۳ تا ۳۴/۳ گرم در لیتر بدست

مقدار بیومس تولیدی را داشته است، اگرچه مخمر *S. cerevisia* با مقدار نسبتاً قابل توجه تولید بیومس، کمترین مصرف لاکتوز را نشان داده است و این موضوع نشان می دهد که مخمر *S. ce* در محیط های آب پنیر استعداد لازم برای تولید پروتئین تک یاخته ای را ندارد. نمودارهای ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ منحنی رشد چهارگونه مخمر (*K. feragilis*، *C. pseudotropicalis* (KF)، *S. cerevisia* (SC)CP، و *C. intermedia* (CI)) را در غلظت های مختلف آب پنیر و ملاس بر اساس تولید بیومس بر حسب زمان گرم خانه گذاری نشان می دهند. نتایج نشان داد که فاز رشد برای مخمر کلارومیسیس در زمان کوتاه تری آغاز و مناسب تر از سه گونه مخمر دیگر بود و هم چنین محیط آب پنیر حاوی ۳۰ و ۴۰ درصد ملاس چغندر قند بوسیله مخمر کلارومیسیس، بیومس بیشتری تولید و منحنی رشد مناسب تری داشت.

#### رشد مخمر کلارومیسیس در محیط کشت آزمایش بر حسب زمان

جدول شماره ۴ رشد مخمر *K. feragilis* که در آزمایشات اولیه نتایج بهتری را نسبت به سه گونه دیگر داشته است، نشان می دهد. حدود ۲ تا ۳۰ ساعت پس از تلقیح سوسپانسیون، تولید بیومس با افزایش زمان افزایش یافته و ۲۴ ساعت بعد، برای غلظت ۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد ملاس به ترتیب ۶/۱۳، ۱۸/۷۰، ۱۹/۲۳، ۱۹/۷۲، ۱۹/۵۱ گرم بر لیتر به دست آمد. Barraquio و همکاران (۲) میزان تولید بیومس از آب پنیر توسط مخمر کاندیدا *C. pseudotropicalis* را بعد از ۲۴ ساعت ۵/۶ گرم در لیتر گزارش کردند که پائین تر از مقادیر بدست آمده در این آزمایش است. مهم ترین علت تفاوت این مقدار تولید بیومس می تواند مربوط به نوع و ژنوتیپ مخمر مورد استفاده، آب پنیر و ملاس بکار رفته در این آزمایش

بعد از تلقیح سوسپانسیون *K. feragilis* در سوبسترا حاوی درصد‌های مختلف ملاس را نشان می‌دهد. در تحقیقی دیگری که انجام شد (۹) پنج گونه از مخمر کلاورومیسیس در محیط آب پنی‌ر مورد استفاده قرار گرفت. میزان تولید بیومس در بین گونه‌های کلاورومیسیس اختلاف آماری معنی داری را نشان داد ( $p < 0.05$ ) و *K. feragilis* با عملکرد ۱۲ گرم در لیتر بالاترین مقدار بیومس را بعد از ۲۴ ساعت داشت. این تحقیق طی دو مرحله هوازی و غیر هوازی انجام شد که مصرف لاکتوز در شرایط غیر هوازی بود و بعد از ۵ روز بالاترین مقدار لاکتوز مصرف شده توسط مخمر *K. feragilis* با ۹۹/۷ درصد لاکتوز مصرفی بدست آمد. در این آزمایش حدود ۹۵ درصد لاکتوز موجود در محیط حاوی آب پنی‌ر و ۴۰ درصد ملاس پس از ۱۶ ساعت مصرف شد و در ۲۸ ساعت پس از تلقیح سوسپانسیون تنها ۰/۴۹ درصد لاکتوز در محیط اندازه‌گیری شد. که احتمالاً در این آزمایش منبع کربن مورد نیاز، علاوه بر لاکتوز، قندهای موجود در ملاس

آمد و هم‌چنین ایشان گزارش کردند میزان تولید بیومس معادل ۰/۷۴ گرم به ازای هر گرم لاکتوز بوده است. که دامنه بسیار وسیعی از لحاظ تولید بیومس وجود دارد، اگر چه نتایج این تحقیق با گزارش نامبردگان هم‌خوانی دارد، ولی دامنه بالای تولید بیومس یعنی ۱/۳ تا ۳۴/۳ گرم بر لیتر بسیار قابل توجه بوده و احتمالاً مربوط به زمان کشت و روش آزمایش است. همان گونه که در جدول شماره ۳ نشان داده شده است، رشد مخمر *K. feragilis* بعد از ۲۴ ساعت تقریباً ثابت بود و یا در بعضی از غلظت‌ها اندکی افزایش نشان داد. تولید بیومس در غلظت‌های مختلف ملاس تا ۸ ساعت پس از تلقیح سوسپانسیون اختلاف آماری معنی داری نشان نداد. ولی ۱۲ ساعت پس از تلقیح سوبسترای حاوی ۴۰ درصد ملاس نسبت به سوبسترای بدون ملاس از نظر تولید بیومس، اختلاف آماری معنی داری داشتند و به ترتیب ۴/۷۱ و ۵/۰۴ گرم در لیتر بدست آمد ( $p < 0.05$ ). این اختلاف بعد از ساعت ۱۲ مشهودتر بود. جدول شماره ۲ درصد مصرف لاکتوز طی مراحل مختلف

جدول ۵- درصد مصرف لاکتوز توسط مخمر *K. feragilis*

SE	غلظت ملاس در آب پنی‌ر (درصد)					زمان (ساعت)
	۴۰	۳۰	۲۰	۱۰	۰	
۰/۱۳	۸/۶۵ <sup>d</sup> ±۰/۲۶	۷/۸۱ <sup>d</sup> ±۰/۵۷	۴/۵۷ <sup>c</sup> ±۰/۲۴	۳/۶۳ <sup>b</sup> ±۰/۲۸	۲/۴۴ <sup>a</sup> ±۰/۱۵	۴
۰/۲۱	۱۴/۸۶ <sup>d</sup> ±۰/۷۱	۱۱/۱۲ <sup>c</sup> ±۰/۳۹	۹/۲۷ <sup>b</sup> ±۰/۵۵	۸/۴۳ <sup>b</sup> ±۰/۴۳	۴/۷۵ <sup>a</sup> ±۰/۲۱	۸
۰/۳۷	۶۷/۱۶ <sup>e</sup> ±۰/۷۳	۶۱/۱۷ <sup>d</sup> ±۰/۶۱	۴۵/۱۲ <sup>c</sup> ±۰/۹۴	۴۰/۸۸ <sup>b</sup> ±۱/۰۵	۲۰/۲۲ <sup>a</sup> ±۰/۸۸	۱۲
۰/۴۰	۹۵/۱۴ <sup>e</sup> ±۰/۸۹	۸۷/۱۱ <sup>d</sup> ±۰/۵۰	۸۲/۱۸ <sup>c</sup> ±۱/۲۴	۷۰/۹۷ <sup>b</sup> ±۰/۷۵	۴۰/۷۹ <sup>a</sup> ±۰/۶۳	۱۶
۰/۴۶	۹۹/۲۵ <sup>e</sup> ±۰/۱۴	۹۷/۱۲ <sup>c</sup> ±۰/۸۵	۹۷/۲۸ <sup>c</sup> ±۱/۱۲	۸۵/۴۶ <sup>b</sup> ±۰/۹۸	۷۸/۶۱ <sup>a</sup> ±۱/۱۱	۲۰
۰/۷۰	۹۹/۵۰ <sup>c</sup> ±۱/۹۵	۹۹/۰۷ <sup>c</sup> ±۱/۲۸	۹۷/۱۲ <sup>c</sup> ±۱/۸۶	۸۹/۱۷ <sup>b</sup> ±۱/۴۲	۷۹/۳۰ <sup>a</sup> ±۱/۱۷	۲۴
۰/۷۰	۹۹/۵۱ <sup>c</sup> ±۱/۳۹	۹۹/۵۷ <sup>c</sup> ±۱/۴۳	۹۸/۷۸ <sup>c</sup> ±۱/۶۶	۹۲/۲۱ <sup>b</sup> ±۱/۵۳	۸۲/۱۲ <sup>a</sup> ±۱/۷۳	۲۸

در هر ردیف اعدادی که دارای حروف متفاوت باشند، اختلاف آماری معنی داری دارند ( $p < 0.05$ ).

تعداد زیادی از تحقیقات میزان تولید مخمر به ازای هر گرم لاکتوز مصرفی را بین ۰/۱۲ تا ۰/۵۵ گرم بیان کرده اند که با راندمان مصرف لاکتوز در این آمایش (۰/۲۶) هم خوانی دارد البته این دامنه زیاد در راندمان مصرف لاکتوز مربوط به نوع مخمر و یا شرایط آزمایش می باشد. در یک گزارش (۵) میزان تولید مخمر بر اساس وزن خشک بر حسب غلظت های متفاوت منابع ازت و منابع فسفر اضافه شده به آب پنیر، از ۴/۰۷ تا ۵/۵ گرم در لیتر بدست آمد و میزان راندمان مخمر تولید شده و لاکتوز مصرفی از ۰/۲۶ تا ۰/۳۹ بود، اگرچه میزان راندمان لاکتوز با نتایج این تحقیق مطابقت

نیز وجود داشته است. جدول شماره ۴ مقدار قند باقی مانده (قند آب پنیر و قند ملاس) را بر حسب زمان بعد از تلقیح سوسپانسیون نشان می دهد. با توجه به اطلاعات موجود در جدول شماره ۶ و تولید بیومس در جدول شماره ۴ نشان داده می شود که تولید مخمر و افزایش بیومس در حدود ۲۴ ساعت بعد از تلقیح سوسپانسیون ثابت و فاز لگاریتمی به پایان رسیده است ولی هنوز مقداری از قند در محیط باقی مانده است که محدودیت فعالیت میکروارگانیسم ها می تواند باعث کمبود سایر مواد مغذی و نامطلوب بودن شرایط موجود در محیط رشد میکروارگانیسم باشد. اگر چه در این تحقیق

جدول ۶- میانگین قند باقیمانده در محیط (گرم در لیتر)

غلظت ملاس در آب پنیر (درصد)					زمان (ساعت)
۴۰	۳۰	۲۰	۱۰	۰	
۲۳۰/۴۳	۱۸۲/۷۵	۱۳۷/۴۰	۹۱/۷۲	۴۵/۵۱	۴
۱۸۱/۷۵	۱۷۷/۴۴	۱۳۵/۰۷	۹۱/۰۵	۴۲/۶۳	۸
۱۷۲/۵۴	۱۴۴/۱۲	۱۱۰/۲۵	۷۸/۰۷	۳۸/۱۵	۱۲
۱۲۳/۱۱	۱۰۱/۲۵	۸۱/۱۳	۵۲/۱۵	۲۷/۵۳	۱۶
۵۱/۸۴	۵۰/۸۳	۳۴/۵۱	۱۲/۵۴	۱۳/۱۱	۲۰
۵۰/۱۲	۴۹/۷۴	۳۱/۲۵	۱۱/۵۲	۱۰/۰۷	۲۴
۴۷/۵۵	۴۲/۱۱	۲۷/۷۱	۱۰/۸۴	۹/۲۷	۲۸

دارد اما تولید بیومس بسیار کمتر است که احتمالاً این اختلاف ناشی از مقدار ازت یا منابع غذایی اضافه شده به آب پنیر و روش آزمایش بوده است. در یک مطالعه دیگر (۱۴) مخمر *K. fragilis* را برای تولید پروتئین تک یاخته از آب پنیر بکار بردند و راندمان تبدیل لاکتوز به بیومس را ۰/۳۱ تا ۰/۴۳ گزارش کردند. اگرچه در تحقیق دیگری که از مخمر کلارومیسیس نیز در محیط آب پنیر برای تولید الکل و پروتئین تک یاخته استفاده شد، مخمر *K. bulgaricus* بالاترین تولید بیومس را که ۱۳/۵ گرم بر لیتر بود، نشان داد (۹). در این تحقیق وقتی از مکمل ازت دار برای غنی کردن آب

اکثریت لاکتوز موجود در محیط مصرف شده است ولی در تحقیق دیگری که با استفاده از مخمر *K. fragilis* انجام شد، لاکتوز موجود در ابتدای آزمایش (۴/۲ درصد) پس از ۴۸ ساعت به طور کامل مصرف گردید (۲). احتمالاً در این آزمایش شرایط مناسب برای مصرف کامل لاکتوز فراهم بوده است. هم چنین قند اولیه در آب پنیر مورد آزمایش کمتر از قند موجود و بکار رفته در آزمایش حاضر می باشد. در آزمایش دیگری نیز میزان مصرف لاکتوز ۷۵ تا ۹۹ درصد گزارش شد (۳) که با نتایج به دست آمده در آزمایش حاضر هم خوانی دارد.



جدول شماره ۸- میانگین ترکیب شیمیائی بیومس تولیدی

درصد خاکستر	درصد چربی	درصد پروتئین	درصد ازت	
۶/۶۷ <sup>a</sup> ±۰/۷۵	۱/۰۲ <sup>a</sup> ±۰/۰۸	۵۶/۹۳ <sup>a</sup> ±۱/۱۶	۹/۱۱ <sup>a</sup> ±۰/۱۷	<i>Kluyeromyces fragilis</i>
۷/۳۲ <sup>a</sup> ±۰/۸۱	۲/۱۱ <sup>b</sup> ±۰/۰۵	۵۵/۹۳ <sup>a</sup> ±۱/۱۲	۸/۹۵ <sup>a</sup> ±۰/۱۲	<i>Candida pseudotropicalis</i>
۷/۲۵ <sup>a</sup> ±۰/۵۴	۴/۱۲ <sup>c</sup> ±۰/۱۱	۵۳/۳۷ <sup>a</sup> ±۱/۷	۸/۵۴ <sup>a</sup> ±۰/۱۵	<i>Sacchromyces cerevisia</i>
۷/۱۷ <sup>a</sup> ±۰/۵۰	۲/۲۵ <sup>a</sup> ±۰/۰۹	۵۶/۳۷ <sup>a</sup> ±۱/۲۵	۹/۰۲ <sup>a</sup> ±۰/۲۱	<i>Candida intermedia</i>

در هر ستون اعدادی که دارای حروف متفاوت باشند، اختلاف آماری معنی داری دارند ( $p < 0.05$ ).

از گونه مخمر مورد استفاده و شرایط آزمایش و نوع آب پنیر مصرفی باشد. بر اساس گزارشات منتشر شده (۵) میزان آلودگی یک لیتر آب پنیر معادل الودگی ۲۵۰ نفر در روز است. بنابراین فاضلاب صنایع لبنی به شدت آلوده کننده محیط زیست می باشند. از طرفی اگر حدود نصف آب پنیر تولید شده در کشور (سالانه ۴۵۰ هزار تن) در این راستا مورد استفاده قرار گیرد حدود ۴۵ هزار تن پروتئین تک یاخته تولید می گردد که می تواند بخش زیادی از نیاز پروتئین وارداتی به کشور را تامین نماید.

### پیشنهادات

باتوجه به اینکه مخمر *K. fragilis* در محیط کشت آب پنیر و درصد های مختلف ملاس میزان بیومس بیشتری تولید کرد و درصد پروتئین بیومس تولیدی نیز نسبت به سایر مخمرها بالاتر بود، لذا پیشنهاد می شود مخمر *K. fragilis* برای تولید پروتئین تک سلولی به همراه ۲۰ درصد ملاس به صورت پایلوت مورد استفاده قرار گیرد تا در صورت موفقیت به توان تولید پروتئین تک سلولی را در کنار کارخانجات تولید پنیر به صورت انبوه تولید نمود.

### پاورقی ها

- 1- Generation time
- 2- Cryptococcus
- 3- Pachysolen
- 4- Saccharomyces
- 5- Torulopsis

پنیر استفاده شد عملکرد بهتری را بوجود آورد. اگر چه نتایج این تحقیق با گزارش قبلی (۹) مطابقت ندارد ولی مهمترین علت تفاوت در گونه مخمر بکار رفته و روش آزمایش است.

### بررسی ارزش اقتصادی و تغذیه ای بیومس تولید شده

بیومس تولیدی در این آزمایش بر اساس روش های تجزیه تقریبی در آزمایشگاه مورد استفاده قرار گرفت و نتایج آن در جدول ۸ نشان داده شده است. همان گونه که ملاحظه می شود درصد پروتئین تولید شده توسط مخمر ساکارومیسس سرروزیه حدود ۵۳/۳۷ و درصد پروتئین تولید شده توسط کلارومیسس ۵۶/۹۳ درصد به ترتیب پائین ترین و بالاترین درصد پروتئین تولید شده بود، اگرچه اختلاف آماری معنی داری بین میانگین درصد پروتئین تولیدی از مخمرهای به کار رفته در این آزمایش مشاهده نشد ( $p < 0.05$ ). پروتئین حاصل از *S. cerevisia* از لحاظ درصد چربی قابل توجه و بالاتر از سایر انواع مخمر بود. کم ترین میزان خاکستر مربوط به *K. fragilis* بدست آمد. Sandula و همکاران (۱۳)، پروتئین مخمر کاندیدا و کلارومیسس را به ترتیب ۵۴/۱ درصد و ۴۸/۳ درصد گزارش کردند که با نتایج این تحقیق هم خوانی دارد.

در یک تحقیق (۴) میزان پروتئین خام بیومس تولیدی از انواع مخمر کلارومیسس را بین ۵۶/۲ تا ۵۳/۲ درصد گزارش کردند اگرچه میزان پروتئین مخمر *C. pseudotropicalis* در ماده خشک سلولی در مطالعه دیگری  $2/5 \pm 1/8$  درصد اعلام شد، اما در سیستم کشت مداوم پس از ۱۲ ساعت ۳/۹۳ گرم لاکتوز مصرف گردید و بیومس تولیدی ۸/۴۱ گرم در لیتر بود (۲) که با نتایج این تحقیق تفاوت دارد، این تفاوت می تواند ناشی

ment of whey by yeast biomass. MIMP, 1:46-47.

8- Kosaric, N and Z. Duvnjak. 1982. Single cell protein from industrial and agricultural residues. PTRVB. 20(1): 21-38.

9- Mohammad, M and F. Kosikowski. 1982. Alcohol and single cell protein production by kluyveromyces in concentrated whey permeates with reduced ash, J. Dairy Sic. 65:2083-2087.

10- Moon, N.J. , E.G.Hammol and A. Bon. , 1978, Conversion of cheese whey Permeate to oil and single cell protein, J.Dairy Sci, 61: 1537 – 1547.

11- Sandhu, D.K and M.K. Waraich. , 1983, Conversion of cheese whey to single cell protein, Biotech and Bioengineering, Vol XXV, 797 – 808.

12- Sandra, R.G. and S.M. Tornisielo, 1994, Optimal condition for SCP production by mixed culture of A. Niger and Cr. Laurentii grown in sugar cane vinasse medium, Rev. Microbial, Sto Pallo, 25(2): 129 – 135.

13- Sandula, J., Masler and A.Vojkova. 1984, Production of microbial protein from whey. Kvasny prumysl 30(2):31-34.

14- Willetts, A and U. Ugalade., 1987, The production of single cell protein from whey, Biotechnology Letters, 9(11): 795-799.

منابع مورد استفاده

1- AOAC. 1998. Official Methods of Analyses Association of Official Analytical Chemists. 15th Edition Virginia. USA. 684 pp.

2- Barraquio, V.L., L.G. Silverio., R.P. Revlleza and W.L.Fernandez. 1980. Whey utilization for single cell protein production. Philippine Agriculturist. 63(2):103-110.

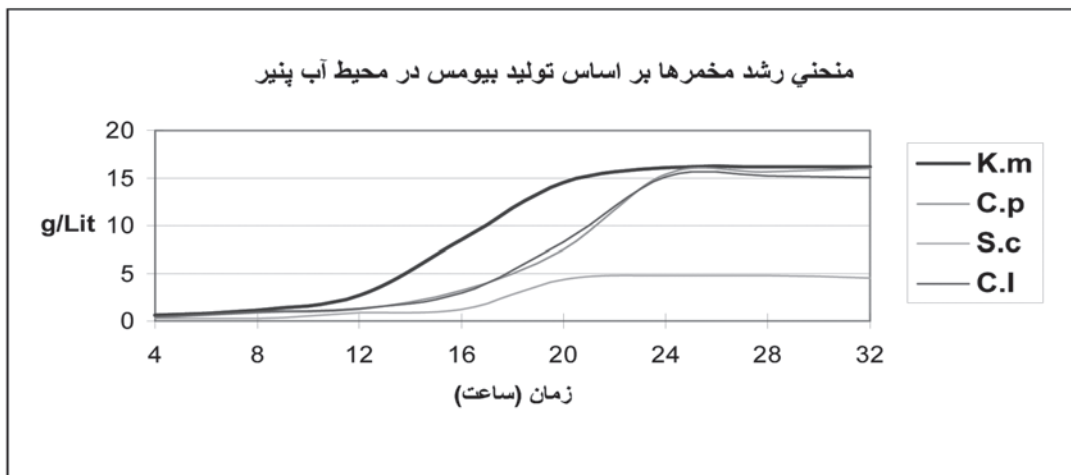
3- Ben-Hassan, R.M and A.E. Ghaly. 1995. Continuous production of single cell protein from cheese whey lactose using kluyveromyces fragilis, Transactions of the ASAE (38) 4:1121-1127.

4- Bodr, E.S., S. Nimr., A. Yousef and Y.B. Yousef. 1984. Salted whey utilization chemical composition of some yeast grown on salted whey, Egyptian Journal of Microbiology. 19(2):561-264.

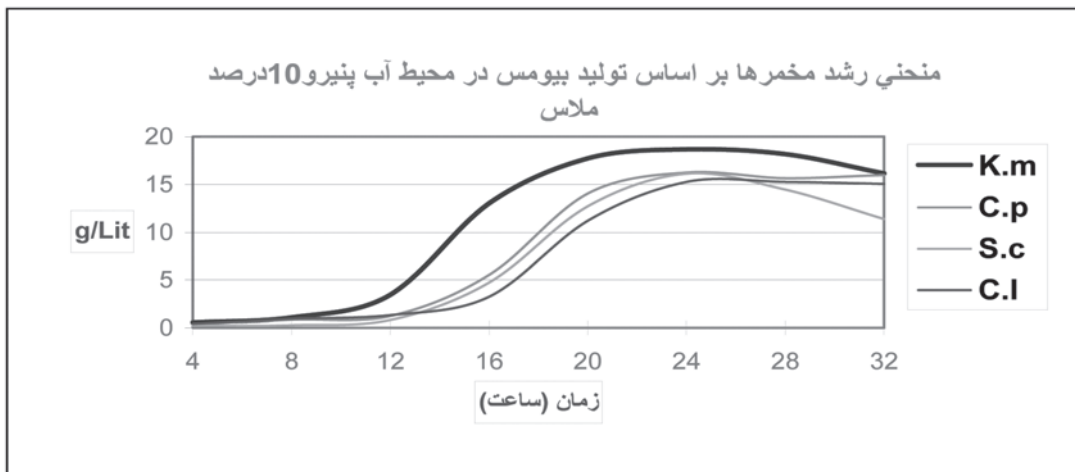
5- Clark, N.J. 1998. Yeast single cell protein production from casein whey permeates. New Zealand Dairy Research Institute. Palmerton North, New Zealand: 271-276.

6- El-Nawwi, S.A and A. A. Kader. 1996. Production of single cell protein and cellulose from sugarcane bagasse. Bioass and Bioenergy. 11(4): 361-364.

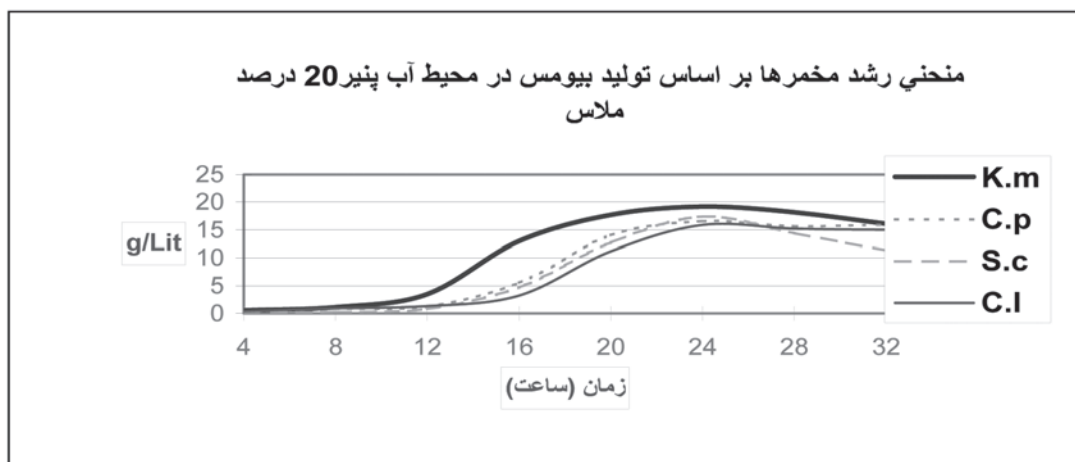
7- Gudz, S.P., R.A. Kuznetsova and O.V. Girna. 1998. Enrich-



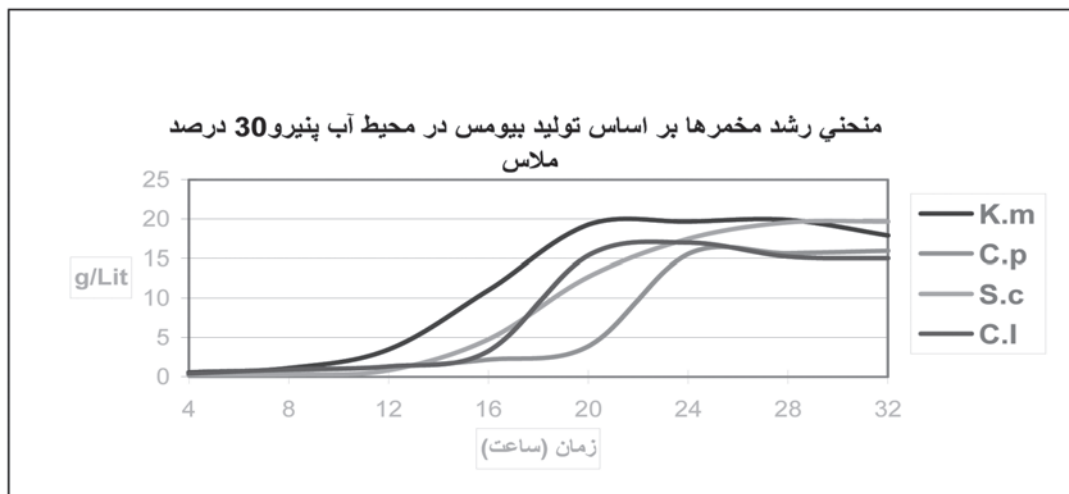
نمودار شماره ۱- منحنی رشد ۴ گونه مخمر در محیط کشت آب پنیر بر اساس زمان



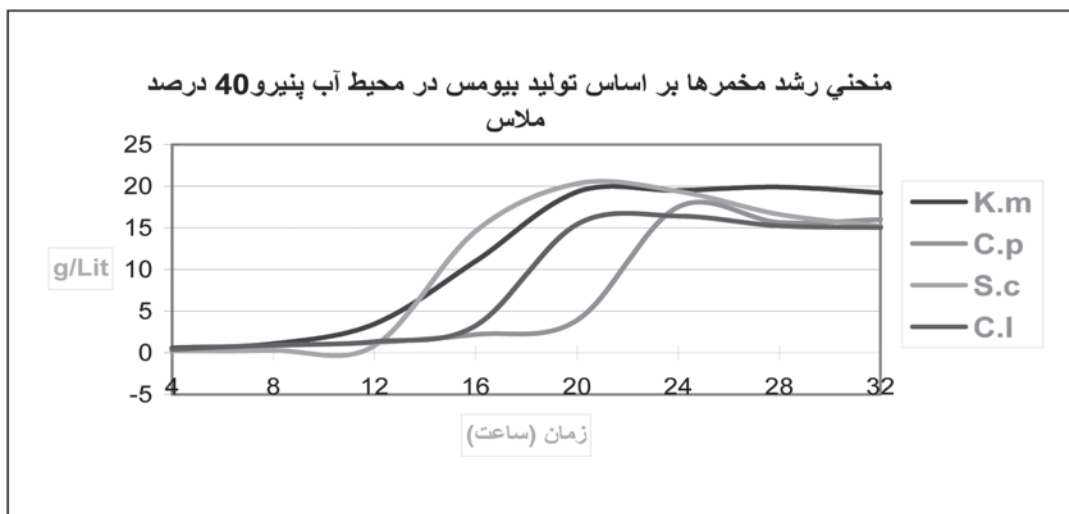
نمودار شماره ۲- منحنی رشد ۴ گونه مخمر در محیط کشت آب پنیر با ۱۰ درصد ملاس بر اساس زمان



نمودار شماره ۳- منحنی رشد ۴ گونه مخمر در محیط کشت آب پنیر با ۲۰ درصد ملاس بر اساس زمان



نمودار شماره ۴- منحنی رشد مخمردر محیط کشت آب پنیر و درصد های مختلف ملاس بر اساس زمان



نمودار شماره ۵- منحنی رشد ۴ گونه مخمر در محیط کشت آب پنیر با ۴۰ درصد ملاس بر اساس زمان