Archive of SID

فصلنامه علمی پژوهشی میکروبیولوژی کاربردی در صنایع غذایی دوره ۲، شماره ۱، بهار ۱۳۹۵، صفحات ۲۵ تا ۳۸

بهینه‌سازی تخمیر اوکارا و تولید برگر گیاهی از اوکارای تخمیریافته

داود زارع[۱]، تهمینه تقی‌زاده[۲]

۱-گروه زیست انرژی و فرآورده‌های تبدیلی، پژوهشکده زیست فناوری، سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران، تهران ، ایران (نویسنده مسئول)*

۲- مرکز کلکسیون میکروبهای صنعتی ایران، پژوهشکده زیست فناوری، سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران، تهران، ایران

تاریخ دریافت:۱۳۹٤/۱۱/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۱/۳۰

چکیده

امروزه غذاهای تخمیری و یا عملگرا از مزایای فراوانی برخوردارند. یکی از این محصولات، غذاهای تخمیری سویا و یا اصطلاحا تمپه است که در آن از کپک *ریزوپوس اولیگوسپوروس* برای تخمیر دانه سویا استفاده می‌شود. از طرفی اوکارا که باقیمانده تولید شیر سویا می‌باشد از قابلیت‌های خوبی برای تبدیل شدن به یک محصول تخمیری برخوردار است. در این بررسی اثر قارچ‌های مختلف برروی بستر جامد اوکارا ارزیابی شد و بهترین قارچ برای تخمیر محصول اوکارا مورد بهینه‌سازی از نظر دما قرار گرفت. نتایج نشان داد از میان قارچ‌هایی نظیر پلوروتوس، آگاریکوس، فلامولینا، رسولا و ریزوپوس، بهترین شرایط برای به دست آوردن یک بستر مناسب به‌عنوان یک محصول غذایی را کپک *ریزوپوس اولیگوسپوروس* ایجاد می‌نماید. هم‌چنین شرایط بهینه از نظر دما برای رشد این کپک مورد بررسی قرار گرفت که نشان داد بهترین دما برای تخمیر اوکارا دمای $32\ ^{o}C$ است. در پایان، بستر تخمیر شده اوکارا مورد بهینه‌سازی از نظر فرمولاسیون غذایی قرار گرفت. نتایج نشان داد بهترین فرمولاسیون برای تولید یک برگر تخمیری از اوکارا شامل پودر سیب‌زمینی ۲۵٪، توفو ۲۰٪، شکر۴٪، نمک ۲٪، پیاز۳۵٪، سیر۳/۵٪، ادویه۱/۵٪ و تخم مرغ ۲۰ gr می‌باشد. بررسی مقدار پروتئین نیز نشان‌داد محصول نهایی دارای حدود ۴۰/۶٪ پروتئین است که از مقدار قابل قبولی به‌عنوان یک محصول غذایی برخوردار می‌باشد.

کلمات کلیدی: سویا، اوکارا، غذای تخمیری، *ریزوپوس اولیگوسپوروس*

* davoodz@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

مسئله غذا و کمبود آن در حقیقت مشکلی است که تمامی کشورها به نوعی با آن درگیر می‌باشند. ازدیاد نفوس در دنیا و تکثیر روزافزون جمعیت مدتهاست که توجه مراکز بین‌المللی را به خود جلب نموده‌است (۱). بررسی‌ها نشان می‌دهد که ۹۰٪ کالری و ۸۰٪ پروتئین مورد نیاز انسان را مستقیماً منابع گیاهی تأمین می‌کنند و بقیه آن بطور غیرمستقیم با مصرف گیاهان توسط حیوانات، از منابع حیوانی تأمین می‌گردد. کمبود مواد پروتئینی، ویتامین‌ها و املاح معدنی، عامل اصلی بروز بیماری‌ها در ممالک فقیر می‌باشد. فقط ۲۸٪ از جمعیت جهان از مقدار کالری لازم در روز یعنی بیش از ۲۷۰۰ کالری بهره‌مند می‌شوند و ۱۲٪ از ۲۲۰۰ تا ۲۷۰۰ کالری در روز و ۶۰٪ کمتر از ۲۲۰۰ کالری در روز مصرف می‌کنند (۱).

سویا یا سوژا[1] گیاهی است از خانواده بقولات Legumineuse و اسم علمی آن Glycinemaxl می‌باشد (۲). سویا در شرق آسیا به‌عنوان غذای انسان و حیوان دارای سابقه بسیار قدیمی است ولی در سایر نقاط دنیا تولید سویا در این قرن اهمیت یافته‌است (۱,۳). زراعت سویا در ایالات متحده آمریکا تقریباً از سال ۱۳۴۰ به صورت یک زراعت عمده در آمد و در بعضی مناطق دیگر مانند برزیل و آرژانتین نیز آغاز شد که امروزه از تولیدکنندگان عمده سویا در جهان هستند. سویا هم‌اکنون تقریباً به‌عنوان یک گیاه استراتژیک در سطح دنیا مطرح شده‌است (۱,۳). در ایران در سال ۱۳۵۵ سطح زیر کشت سویا حدود ۶۰ هکتار و محصول آن بالغ بر ۹۰ هزار تن بود و در سال ۱۳۹۲ سطح زیر کشت سویا در ایران برابر ۸۰ هزار هکتار بوده که از این سطح حدود ۲۱۷۰۰۰ تن محصول برداشت شده‌است و به نظر می‌رسد روند افزایش کشت سویا بدلیل فواید آن توسعه‌یابد (۵,۴,۱).

فرآیند سویا در مصارف غذایی انسان به دو دسته غذاهای تخمیری و غذاهای غیرتخمیری سویا تقسیم می‌گردد. از جمله غذاهای غیرتخمیری سویا می‌توان از شیر سویا، توفو، سویای سبز، آجیل سویا و جوانه سویا نام برد. در مقابل، غذاهای تخمیری سویا غذاهایی هستند که در یک مرحله از تولید آن‌ها، سویا و یا فرآورده‌های آن تحت تاثیر آنزیم‌ها و یا میکروارگانیسم‌ها قرار گرفته و تخمیر شده است. بطور کلی تخمیر سویا به منظور بهبود طعم و کیفیت و در بسیاری از موارد برطرف کردن بوی لوبیایی سویا انجام می‌پذیرد (۶).

از جمله غذاهای تخمیری سویا می توان سس سویا، میزو، تمپه و سوفو را نام برد. تمپه[2] یک محصول غذایی تخمیری از دانه سویا است و در کشورهایی نظیر اندونزی و دیگر کشورهای آسیایی مصرف زیادی دارد. این محصول در واقع از تخمیر و رشد نوعی قارچ به نام *ریزوپوس اولیگوسپوروس* بر روی دانه سویا به‌دست می‌آید. در طی فرآیند تخمیر، ارزش غذایی و طعم محصول نهایی تخمیرشده افزایش می‌یابد و در عوض یک هضم اولیه از مواد لیپیدی، پروتئینی و فیتات‌ها در سویا اتفاق می‌افتد و بنابراین هضم بعدی آن در بدن آسان‌تر می‌گردد. از طرف دیگر یکی از قندهای موجود در سویا کربوهیدرات‌های آلفا-گالاکتوزید است. این کربوهیدرات‌ها در بدن قابل هضم کردن نیستند زیرا بدن انسان فاقد آنزیم (۶-۱)- α گالاکتوزیداز است و بنابراین کربوهیدرات‌های آلفا-گالاکتوزیدی توسط باکتری‌های روده تجزیه شده و باعث نفخ معده می‌گردند و استفاده مستقیم سویا مانند دیگر بقولات موجب نفخ شکم می‌گردد. تخمیر سویا توسط *ریزوپوس الیگوسپوروس* کربوهیدرات‌های سویا را تا حدی تجزیه نموده و مانع از نفخ شکمی می‌گردد (۸,۷).

[1] Soybean

[2] Tempe

www.SID.ir

Archive of SID

امروزه تمپه در بسیاری از کشورهای غربی نظیر هلند و ایالات متحده مورد مصرف قرار می‌گیرد و به طور کلی به دلیل گزارشات فراوانی که از مزایای سویا در سال‌های اخیر منتشر شده است علاقمندی به تمپه به آرامی در کشورهای مختلف رو به افزایش‌است (۸).

تولید تمپه در واقع تخمیر مستقیم دانه سویاست و برای این کار دانه سویا برای چند ساعت خیسانده می‌شود و سپس پوست‌گیری شده و برای حدود ۰/۵h جوشانده می‌شود تا بافت آن کاملاً نرم شود. پس از آن آب اضافی دانه‌های سویا گرفته‌شده و سطح آن‌ها با یک پارچه تمیز خشک می‌شود. پس از انجام مراحل فوق دانه‌های سویا با اسپور خالص قارچ *ریزوپوس الیگوسپوروس* تلقیح می‌گردد و پس از حدود ۲۴h گرماگذاری در دمای ۲۸°C، میسلیوم‌های قارچی دانه‌های سویا را به هم متصل می‌نماید و یک بستر پیوسته ایجاد می‌نماید. به‌این‌ترتیب محصولی تخمیرشده از سویا به‌دست می‌آید که می‌توان آن‌را به صورت خام یا پخته به‌عنوان غذای انسانی مورد استفاده قرار داد (۸،۷).

بسیاری از مطالعات انجام‌شده نشان می‌دهد تمپه یک غذای ضد اسهال است و اثرات ضد چربی دارد (۸،۹). هم‌چنین مشخص شده‌است که فیتواستروژن‌های فلاونوییدی سویا هم‌چون daidzein و enistein مسئول فعالیت‌های بیولوژیک تمپه هستند. در سنگاپور مشخص شده‌است علت پایین بودن نسبت سرطان پستان در زنان بدلیل مصرف بالای ترکیبات سویاست. مصرف سویا هم چنین در زنان یائسته در بهبود و سلامت سیتولوژی واژن و مقدار ترکیبات معدنی مغز و استخوان بسیار موثر است (۱۰). در عوض مقدار ایزوفلاون‌ها در تمپه حداقل به اندازه دانه سویا می‌باشد. بنابراین منصفانه است تا بگوییم تمپه خواص ضد سرطانی و ضد پوکی استخوان دارد، هر چند مطالعات بیشتر برای تعیین و درک میزان آن لازم است (۱۰). در طی تخمیر تمپه نه تنها بافت، بلکه پروتئین‌ها و لیپیدها نیز تغییر می‌یابد. استاچیوز که یک تتراساکارید غیر قابل جذب در انسان است کاهش یافته و ریبوفلاوین تقریبا دو برابر می‌گردد و نیاسین هفت برابر افزایش می‌یابد. هم‌چنین ویتامین B_{12} که معمولا در غذاهای گیاهی از نسبت پایین برخوردار است در بستر افزایش می‌یابد (۸-۱۰). مقدار پروتئین بالا و دلپذیر و بافت نرم تمپه اجازه می‌دهد تا این غذا قسمت کوچک اما وسعت‌یافته‌ای از فروش گیاهخواری را در ژاپن، آمریکا و اروپا اشغال کند (۹،۸). بر طبق گزارش شورتلف و آیاگی[1]، ۵۳ کارخانه تولید تمپه در ایالات متحده فعال است که بزرگترین آن‌ها ۷۰۰۰ پوند در روز تمپه تولید می‌کند. بزرگترین کارخانه در اندونزی روزانه ۱۷۶۰ پوند تمپه تولید می‌نماید. بنابراین تولید تمپه هنوز یک عمل اقتصادی نسبتاً کوچک است و فرصت‌های زیادی در اختیار کشورها به‌ویژه جهت جایگزینی محصولات غنی از پروتئین به جای گوشت با قیمت نسبتاً پایین قرار داده‌است (۱۱).

اوکارا محصول فرعی حاصل از فرآیند تولید شیر سویاست. در واقع در هنگام تولید شیر سویا ترکیبات غیرمحلول و جامد سویا که شامل مقادیر قابل توجهی فیبر، پروتئین و دیگر ترکیبات سویاست فیلتر شده و از شیر سویا جدا می‌گردد. این ماده از طرفی قیمت بسیار ارزانی دارد و از طرف دیگر نگهداری و ذخیره آن به دلیل مقدار بالای رطوبت مقرون‌به‌صرفه نیست. بررسی‌های فراوانی در دنیا به منظور استفاده از اوکارا در رژیم غذایی انسان صورت گرفته‌است. در واقع بدلیل این‌که اوکارا حاوی مقادیر بالایی فیبر، و هم‌چنین مقدار نسبتاً خوبی پروتئین است و از طرفی محصول فرعی تولید توفو است می‌تواند با قیمت بسیار ارزان به‌عنوان یک ماده غذایی در اختیار انسان قرارگیرد. ما و همکاران[2] (۱۹۹۷) با اندازه‌گیری

[1] Shurtleff and Aoyagi
[2] Ma et al

www.SID.ir

Archive of SID

میزان پروتئین موجود در این ماده نشان‌داده‌اند که این ماده دارای حدود ۲۷٪ پروتئین است و آن را قابل مقایسه با دیگر ترکیبات صنعتی سویا دانسته‌اند (۱۲). یاماگوچی و همکاران[1] (۱۹۹۶) نیز اوکارا را از نظر وجود ترکیبات فیبری، پلی‌ساکاریدی و پکتینی حائز اهمیت دانسته‌اند و این ماده را از نظر غذایی توصیه کرده‌اند (۱۳). جنتا و همکاران[2] (۲۰۰۲) تولید نوعی شکلات توسط اوکارا همراه با بادام زمینی را آزمایش کردند و عنوان نمودند استفاده از اوکارا هم می‌تواند مصرف پروتئین‌های گیاهی در انسان را افزایش دهد و هم این‌که بازدهی کارخانجات تولید کننده فرآورده‌های سویا را افزایش دهد (۱۴). در ایران مصرف سویا عمدتاً در کارخانجات روغن‌کشی و تولید خوراک دام است و فعالیت‌های محدودی در زمینه وارد نمودن پروتئین‌های سویا در جیرهٔ غذایی انسان صورت پذیرفته‌است. اما در چند سال اخیر فعالیت‌هایی به منظور معرفی فرآورده‌های دیگر سویا به جامعه صورت پذیرفته‌است و هم‌اکنون دو یا سه کارخانه به منظور تولید شیر سویا فعالیت خود را آغاز نموده‌اند و به نظر می‌رسد به زودی فرآورده‌های دیگر سویا نیز به بازار عرضه گردد.

در تحقیق انجام‌شده سعی شده‌است از اوکارا به جای سویا استفاده شده و با رشد قارچ‌های مختلف بر روی اوکارا محصولی تخمیری و تا حدی مشابه تمپه ایجاد گردد. سپس محصول تولیدشده متناسب با ذائقه ایرانی فرموله شده و میزان پذیرش آن ارزیابی گردد. در واقع با رشد قارچ‌ها درصد پروتئین اوکارا بالا رفته و با طعم مناسب قارچی فرموله و مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مواد و روش

تهیه بستر اوکارا

به منظور تهیه اولیه بستر اوکارا ابتدا ۲۰۰ g سویا به مدت حدود ۶h-۴ در آب ولرم خیسانده‌شد و سپس با حدود ۸۰۰ ml آب با استفاده از یک بلندر آزمایشگاهی کاملاً آسیاب گردید. محلول آسیاب شده به مدت ۵-۳ min جوشانده شد و سپس با یک صافی مناسب با سایز حدود ۰/۱ mm ، شیر سویا صاف گردید تا ذرات جامد آن که اصطلاحاً اوکارا نامیده می‌شود کاملاً جدا شود. بستر یا همان اوکارا برای مراحل بعدی مورد استفاده قرار گرفت. شیره به‌دست آمده نیز شیر سویا نام دارد که به روش‌های مختلفی قابل تبدیل به توفو یا پنیر سویا است (۱۲).

تهیه کشت‌های اولیه

برای تولید بستر قارچی از اوکارا یا باقیمانده جامد سویا، از قارچ‌های خوراکی ذیل استفاده گردید. همگی قارچ‌ها از مرکز کلکسیون میکروب‌های صنعتی ایران تهیه گردید. *پلوروتوس ساجورکاجو*[3]، *پلوروتوس استراتوس*[4]، *پلوروتوس سیترینوپیلاتوس*[5]، *ریزوپوس الیگوسپوروس*[6]، *آگاریکوس بیسپوروس*[7]، یک گونه فلامولینا[8] و یک گونه رسولا[9]. تمامی این قارچ‌ها در محیط کشت Potato Dextrose Agar (PDA) کشت داده‌شد و پس از کامل شدن رشد، نمونه‌ها در دمای ۴ °C نگهداری گردید.

تهیه محیط بذر قارچ برای نمونه‌های *پلوروتوس* و *آگاریکوس*

با توجه به‌این‌که کشت قارچ‌های خوراکی شامل *پلوروتوس*، *آگاریکوس*، *فلامولینا* و *رسولا* در داخل محیط بستر جامد نیاز به تلقیح محیط توسط بذر دارد، برای این نمونه‌ها بذر قارچی تهیه گردید. به این منظور ابتدا حدود ۳۰۰ gr گندم پاک‌شده حدود ۱h در آب ولرم خیسانده و سپس به مدت ۲۰ min جوشانده‌شد. پس از این مرحله آب

[1] Yamaguchi et al
[2] Genta et al

[3] Pleurotus sajor caju
[4] *Pleurotus ostreatus*
[5] *Pleurotus Citrinopileatus*
[6] *Rhizopus oligosporus*
[7] *Agaricus bisporus*
[8] *Flammulina sp*
[9] *Russula sp*

www.SID.ir

Archive of SID

گندم گرفته‌شده و سطح آن توسط پارچه‌های مناسب خشک گردید و به آن ۲٪ کربنات کلسیم اضافه گردید تا به‌خوبی یکنواخت گردد و رطوبت اضافی سطح گندم جذب شود. در این مرحله گندم تهیه‌شده در داخل ارلن‌های یک لیتری تا حدود یک پنجم حجم ارلن تقسیم شد و به مدت ۱۵ min در اتوکلاو استریل گردید. پس از آن در شرایط استریل و در زیر هود بیولوژیک با مقداری از میسلیوم حاصل از محیط‌های کشت شیبدار *گونه‌های پلوروتوس ساجورکاجو، پلوروتوس استراتوس، پلوروتوس سیترینوپیلاتوس و آگاریکوس بیسپوروس، فلامولینا* و *رسولا* تلقیح گردید. سپس ارلن‌های تلقیح شده در انکوباتور در دمای ۲۸°C به مدت ۷ شبانه روز گرماگذاری گردید تا رشد قارچ‌ها کامل شود.

استفاده از اوکارا در کشت قارچ‌های مختلف

پس از آماده شدن بذر، اوکارای به‌دست آمده در ظروف مناسب با وزن حدود ۳۰gr در هر ظرف تقسیم شد و پس از استریل شدن با اتوکلاو در دمای ۱۲۱°C برای مدت ۱۰ min ، در شرایط استریل در زیر هود بیولوژیک با مقدار حدود ۳g بذر آماده قارچ‌های مختلف تلقیح گردید و در انکوباتور با دمای ۲۶°C گرماگذاری شد تا رشد قارچ‌ها کامل شود. در مورد کپک *ریزوپوس اولیگوسپوروس*، با توجه به رشد بسیار مناسب و تولید اسپور در محیط‌های کشت شیبدار، از اسپور قارچ برای تلقیح اوکارا استفاده‌شد. با توجه به این‌که گونه‌های قارچ‌ها با یکدیگر متفاوت بود، طبیعتاً رشد آن‌ها نیز بر روی اوکارا متفاوت خواهد بود. پس از بررسی روزانه نمونه‌ها و با تکمیل رشد هر نمونه، مراحل بعدی شامل آسیاب و نمک‌زنی برای آن انجام‌شده و به یخچال منتقل‌گردید و سپس از نظر بافت و طعم از طریق آزمون هدونیک پنج نقطه‌ای مورد بررسی اولیه قرارگرفت. میزان رشد نمونه‌ها نیز به صورت چشمی مورد ارزیابی قرارگرفت که با توجه به تنوع قارچ‌ها به خوبی اختلاف آن‌ها قابل تشخیص بود.

بهینه‌سازی دمای رشد کپک *ریزوپوس اولیگوسپوروس*

با توجه به‌این‌که در مرحله قبل *ریزوپوس اولیگوسپوروس* به‌عنوان بهترین سویه قارچی انتخاب گردید به منظور بهینه‌سازی رشد بیومس، میزان رشد این کپک در دماهای مختلف ارزیابی گردید.

به منظور بهینه‌سازی دمای رشد، ابتدا اوکارا با وزن ۳۰gr در ظروف مناسب تقسیم شد و پس از استریل شدن در دمای ۱۲۱ °C به مدت ۱۰ min ، در شرایط استریل و در زیر هود بیولوژیک توسط اسپور این کپک که در محلول جداگانه‌ای با غلظت 10^7/ml اسپور تهیه شده‌بود تلقیح گردید و به هر ظرف ۱ ml از این محلول اضافه‌شد. سپس تمام ظروف در انکوباتور با دمای ۳۶ °C و ۳۴ ، ۳۲، ۳۰ ، ۲۸، ۲۶، ۲۴ گرماگذاری شد و پس از حدود ۱۸ h تمامی نمونه‌ها از انکوباتور خارج شد و رشد آن‌ها مورد ارزیابی قرارگرفت. نمونه‌های مطلوب نمونه‌هایی بودند که میسلیوم سفید قارچ تمام بافت اوکارا را پوشش داده بود اما ایجاد اسپور نکرده‌بود.

تهیه فرمولاسیون مناسب غذایی از بستر قارچی

انتخاب متغییرها

در این مرحله از فرمولاسیون، بستر قارچی به منظور ایجاد غذایی قابل مصرف مورد بهینه‌سازی قرارگرفت. بررسی‌های اولیه نشان داد اضافه‌کردن مقداری توفو یا پنیر سویا به بافت بستر کیفیت آن را افزایش می‌دهد. هم‌چنین بررسی‌ها نشان‌داد افزودن کمی شکر طعم نهایی بستر را بهبود می‌بخشد. به علاوه نمک، سیر، پیاز و ادویه ترکیبی نیز موادی هستند که عمدتاً در تولید محصولات غذایی به‌خوبی مصرف می‌گردند. همچنین پودر سیب‌زمینی نیز چسبندگی بافت اوکارا را بهبود می‌بخشد. به همین دلیل متغیرهای پودر سیب‌زمینی، توفو، شکر، نمک، پیاز، سیر و ادویه ترکیبی جهت بهینه‌سازی بافت و طعم مورد بررسی قرارگرفت. با توجه به بررسی‌های اولیه انجام‌شده، پودر سیب زمینی با

www.SID.ir

Archive of SID

مقدار ۵٪، ۱۰٪ و ۲۰٪، توفو با مقدار ۱۰٪، ۲۰٪ و ۳۰٪، شکر با مقدار ۱٪، ۳٪ و ۵٪، نمک با مقدار ۲٪، ۳٪، ۴٪ پیاز با مقدار ۲۰٪، ۳۰٪ و ۴۰٪، سیر با مقدار ۴٪، ۵٪، ۶٪، ادویه ترکیبی (شامل پودر گشنیز خشک، زردچوبه، زیره سبز، فلفل سیاه و دارچین به نسبت مساوی) با مقدار ۲٪، ۲/۵٪ و ۳٪ و تخم مرغ با مقدار ۱۰٪، ۲۰٪ و ۳۰٪ جهت بهینه‌سازی انتخاب گردید (۱۵).

طراحی آزمایش‌ها

برای بهینه‌سازی شرایط طعم و بافت محصول به دست‌آمده از روش یک فاکتور در زمان One Factor at the Time استفاده‌شد (جدول۱). براین‌اساس، ابتدا همه متغیرها در سطح میانی ثابت نگه داشته‌شد و فقط متغیر اول در مقادیر مختلف مورد بررسی قرارگرفت. پس از بهینه‌شدن متغیر اول مقدار بهینه متغیر اول انتخاب‌شده و متغیر دوم در مقادیر مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت و بقیه متغیرها در سطح میانی ثابت باقی‌ماند. این موضوع تا پایان آزمایش‌ها و به‌دست آمدن شرایط بهینه برای همه متغیرها به کار گرفته‌شد.

جدول(۱): متغیرهای مورد استفاده برای بهینه‌سازی و سطوح آن‌ها

نام متغیر	سطح متغیر (g/۱۰۰g محصول)		
پودر سیب‌زمینی	۵	۱۰	۲۰
توفو	۱۰	۲۰	۳۰
شکر	۱	۳	۵
نمک	۲	۳	۴
پیاز	۲۰	۳۰	۴۰
سیر	۴	۵	۶
ادویه	۲	۲/۵	۳
تخم مرغ	۱۰	۲۰	۳۰

به منظور تهیه فرمولاسیون‌ها و انجام آزمایش‌ها، ابتدا اوکارای رشد یافته در شرایط بهینه طبق روش طراحی آزمایش (جدول ۱) با مقادیر مختلف متغیرها مخلوط‌شد. پس از اضافه‌نمودن همه مواد به اوکارا، مواد در داخل یک میکسر با سرعت بالا به خوبی یکنواخت گردید. سپس محصول به‌دست‌آمده به صورت قطعات یکسان و به شکل برگر آماده طبخ گردید و برای مدت ۱۰ min در روغن سرخ‌شد و از نظر طعم و بافت با استفاده از آزمون هدونیک پنج نقطه‌ای طبق جدول (۲) مورد ارزیابی قرارگرفت. ارزیابی توسط ۲۷ نفر ارزیاب با سن ۱۵ الی ۵۰ سال و بدون در نظر گرفتن جنس افراد صورت‌پذیرفت.

جدول (۲): فرم هدونیک پنج نقطه‌ای به منظور ارزیابی طعم و بافت محصول نهایی

متغیر ارزیابی	امتیاز				
	خیلی بد	بد	متوسط	خوب	خیلی خوب
طعم	۱	۲	۳	۴	۵
بافت	۱	۲	۳	۴	۵

www.SID.ir

Archive of SID

در نهایت تمامی امتیازات داده‌شده جمع‌شده و میانگین آن‌ها به‌عنوان میانگین آن آزمایش در نظر گرفته‌شد (۱۵).

اندازه‌گیری میزان ازت، پروتئین و درصد رطوبت بستر جامد اوکارا

بررسی‌های مختلفی جهت اندازه‌گیری پروتئین اوکارا و استفاده از آن در رژیم غذایی انسان صورت گرفته‌است. در این بررسی میزان پروتئین اوکارا قبل و پس از کشت قارچ در شرایط بهینه با کپک *ریزوپوس اولیگوسپوروس*، به روش لوری اندازه‌گیری‌شد و مورد مقایسه قرارگرفت.

به منظور اندازه‌گیری پروتئین‌های محلول ابتدا پروتئین‌های محلول با استفاده از روش ما و همکاران (۱۹۹۷) استخراج گردید و میزان آن با استفاده از روش فولین سیوکالتو اندازه‌گیری‌شد(۱۶,۱۲). برای این کار ابتدا دو معرف A و B به صورت جداگانه به شرح زیر تهیه‌گردید.

معرف A: محلول ۱٪ $CuSO_4$ ml ۰/۵ + محلول ۱٪ سدیم پتاسیم تارتارات ml ۰/۵ + ml ۵۰ محلول قلیایی کربنات سدیم

معرف B: محلول تازه فولین سیوکالتو که با حجم مساوی آب مخلوط گردیده‌است.

سپس به ml ۱ از سوپرناتنت نمونه ml ۵ معرف A اضافه‌گردید و با ورتکس به خوبی مخلوط‌شد و به مدت min ۱۰ در حرارت آزمایشگاه قرار داده‌شد. پس از آن ml ۰/۵ معرف B به آن افزوده‌گردید و پس از مخلوط‌کردن به مدت min ۳۰ در حرارت آزمایشگاه و در تاریکی قرارگرفت. در پایان نمونه‌ها در طول موج nm ۷۵۰ در مقابل شاهد که نمونه آب مقطر همراه با موارد زیر است قرایت‌گردید و بر اساس منحنی استاندارد پروتئین که قبلاً رسم شده‌بود درصد پروتئین محلول محاسبه‌گردید.

درصد رطوبت نمونه‌ها نیز با استفاده از روش (AOAC:1984) محاسبه‌گردید. به این منظور ابتدا مقدار gr۱۰ از نمونه‌ها به مدت یک شبانه روز در دمای $^{\circ}C$ ۱۰۰ قرار داده‌شده و پس از این‌که وزن نمونه‌ها در چند ساعت متوالی ثابت باقی‌ماند توزین‌گردید.

تحلیل‌های آماری

طراحی آزمایش‌ها برای فرمولاسیون نهایی به روش یک فاکتور در زمان صورت‌پذیرفت. تمامی آزمایش‌ها به صورت سه تکرار صورت‌پذیرفت. برای ارزیابی محصول از آزمون هدونیک پنج نقطه‌ای استفاده‌گردید. تعداد ارزیاب‌ها ۲۷ نفر بودند. برای ارزیابی و مقایسه میزان پروتئین، رطوبت و میزان ازت در بافت اوکارا قبل و بعد از تخمیر، از روش تحلیل واریانس یک طرفه و آزمون T غیرجفتی با فاصله اطمینان ۹۵٪ استفاده‌شد. نرم‌افزار مورد استفاده مینی تب ۱۶ بود.

نتایج

بررسی نمونه‌های بذر تولید شده از قارچ‌ها

بررسی نمونه‌های بذر نشان‌داد نمونه‌های پلوروتوس بسیار سریع و حداکثر در عرض یک هفته تمام سطح محیط را سفید کرده و رشدشان کامل می‌شود. لازم به ذکر است بررسی رشد نمونه‌های بذر به‌عنوان یک مایه تلقیح اولیه نیاز به بررسی میزان پروتئین و یا ترکیبات دیگر ندارد و معمولا در همه مقالات به صورت چشمی ارزیابی می‌گردد. در طول رشد بدلیل سرعت رشد بالا و پنجه‌دوانی متمرکز هر دو روز یکبار ارلن‌ها به شدت تکان‌داده‌می‌شد تا میسلیوم‌ها از هم جداشده و رشد کامل‌تری ایجاد نمایند. در هر صورت همه سویه‌های پلوروتوس پس از یک هفته رشدشان کامل‌شده و به یخچال منتقل شدند.

سویه فلامولینا نیز رشد بسیار خوبی داشت و تقریباً مشابه سویه‌های پلوروتوس پس از یک هفته به یخچال منتقل شد. اما سویه آگاریکوس از رشد ضعیف‌تری برخوردار بود و پس از دو هفته رشد آن کامل‌شد. سویه روسولا نیز دارای رشد بسیار ضعیفی بود و به سختی تولید بذر آن محقق‌شد.

www.SID.ir

Archive of SID

سویه *ریزوپوس اولیگوسپوروس* پس از ۴۸ h تمامی بستر را کامل کرده و تولید اسپور نمود، اما بدلیل این‌که معمولاً از مایه اسپوری این کپک برای کشت استفاده می‌شود در تلقیح اوکارا نیز از مایع اسپوری این کپک استفاده‌شد. در هر صورت پس از تکمیل رشد، همه قارچ‌ها در یخچال نگهداری شده و سپس به محیط اوکارا تلقیح گردید.

بررسی قارچ‌های کشت‌شده بر روی اوکارا و انتخاب سویه مناسب

تقریباً هر سه گونه پلوروتوس کشت داده‌شده بر روی اوکارا پس از حدود یک هفته، بستر را کاملاً سفید نمودند (شکل $۱_{A,B,C}$). بررسی‌های بعدی از نظر طعم و رنگ نشان داد گونه‌های پلوروتوس *سیترینوپیلاتوس* و *پلوروتوس استراتوس* دارای طعم گس و نسبتاً تلخی هستند. بافت ایجادشده پس از آسیاب نمودن نمونه‌ها نیز به رنگ قهوه‌ای تیره تبدیل شده‌بود. به نظر می‌رسد علت اصلی این امر قابلیت سلولازی بسیار بالای این قارچ‌ها است که کاملاً بافت سویا را تغییر داده و غیرقابل مصرف می‌کند. گونه *پلوروتوس ساجورکاجو* رنگ بستر را تغییر چندانی نداده بود اما طعم و مزه بستر تولیدشده چندان قابل‌قبول نبوده و کمی حالت تلخی داشت. در مجموع بافت حاصل از کشت قارچ‌های پلوروتوس بر روی بستر اوکارا به گونه‌ای نبود که قابلیت تهیه ماده غذایی از آن‌ها وجود داشته‌باشد. لذا این قارچ‌ها برای انجام مراحل بعدی حذف گردیدند.

شکل (۱): کشت قارچ‌های مختلف بر روی بستر اوکارا. A: *پلوروتوس سیترینوپیلاتوس* B: *پلوروتوس استراتوس* C: *پلوروتوس ساجورکاجو* D: *آگاریکوس بیسپوروس* E: گونه‌ای از فلامولینا F: *ریزوپوس اولیگوسپوروس* G: کنترل بدون کشت قارچ

قارچ *آگاریکوس بیسپوروس* نیز دارای فعالیت سلولازی است اما نیاز به مواد بیشتری برای رشد داشته و کند رشد می‌باشد (شکل ۱_D). کشت این قارچ پس از حدود دو هفته بستر را کاملاً سفید نمود اما پس از آسیاب و نمک‌زنی مشخص‌شد بستر تهیه‌شده هم‌چون نمونه‌های قبلی جهت مصرف غذایی چندان قابل‌قبول نیست.

نتایج کشت نمونه اوکارا با قارچ فلامولینا نشان‌داد سرعت رشد آن بر روی اوکارا تقریباً مشابه *پلوروتوس ساجورکاجو* است و البته از نظر کیفیت و طعم، بافت بستر تغییر یافته‌بود و قابل مصرف نبود.

کشت‌های روسولا بر روی بذر گندم چندان تند رشد و قوی نبود. بر روی اوکارا نیز علی‌رغم گذشت دو هفته رشد چندان قابل قبولی نداشت و به‌همین‌دلیل مورد بررسی بیشتر قرار نگرفت(شکل ۱_E).

بررسی کشت قارچ *ریزوپوس اولیگوسپوروس* نشان‌داد پس از حدود ۲۰h اوکارا کاملاً با میسلیوم‌های قارچی سفید می‌گردد(عکس ۱_F). به همین دلیل پس از حدود ۲۰h نمونه برداشته‌شد و پس از آسیاب و نمک زنی مورد ارزیابی قرارگرفته و در یخچال نگهداری‌شد. موضوع قابل توجه این بود که با کشت این قارچ تغییر چندانی در بافت اوکارا ایجاد نشده و طعم بستر ایجادشده نیز قابل‌قبول بود و پس از نگهداری در یخچال نیز بافت آن تغییر چندانی نکرد. به‌این‌ترتیب قارچ *ریزوپوس اولیگوسپوروس* به منظور تولید بستر قارچی و انجام مراحل بعدی انتخاب‌شد (شکل ۲).

www.SID.ir

Archive of SID

شکل (۲): کشت قارچ *ریزوپوس اولیگوسپوروس* در شرایط بهینه بر روی بستر جامد اوکارا

بررسی میزان ازت و پروتئین اوکارا

میزان ازت و پروتئین اوکارا در بسیاری از بررسی‌ها و گزارش‌ها نشان‌دهنده درصد غذایی مناسب این ماده است. نتایج این بررسی نشان‌داد میزان ازت اوکارا قبل از کشت ۰/۴۱±۴/۸٪ است و میزان پروتئین آن نسبت به وزن خشک ۳/۵±۲۷٪ و پس از کشت توسط کپک *ریزوپوس اولیگوسپوروس* میزان پروتئین آن با روش لوری ۲/۸۸±۳۷٪ نسبت به وزن خشک نمونه می‌گردد و به خوبی افزایش درصد پروتئین در این بررسی مشهود است. میزان ازت کل نیز نسبت به وزن خشک (۰/۵۱±۵/۹۵٪) است که افزایش نسبی نسبت به نمونه قبل از کشت نشان می‌دهد.

میزان رطوبت اوکارا نیز با خشک نمودن نمونه‌های اوکارا در دمای ۱۰۰°C به مدت یک شبانه روز محاسبه‌گردید و نشان‌داد میزان رطوبت اوکارای خام در حدود ۳/۹±۶۷٪ می‌باشد که نشان می‌دهد بستر نسبتاً مرطوبی جهت کشت قارچ‌ها است. پس از تخمیر بستر نیز میزان رطوبت آن محاسبه‌گردید که در حدود ۳/۷±۷۳٪ بود و کمی نسبت به اوکارای خام افزایش نشان‌می‌دهد.

بهینه‌سازی دمای رشد کپک *ریزوپوس اولیگوسپوروس*

با توجه به این‌که محصول مناسب پس از رشد کپک به‌عنوان یک ماده غذایی به‌کارمی‌رود، ارزیابی رشد کپک بر روی نمونه‌ها باید به گونه‌ای باشد که از طرفی تمام بستر را مورد پوشش قرار داده‌باشد و از طرف دیگر رشد بیش از حد موجب تخریب بافت محصول و یا تولید اسپور نشده‌باشد. لذا ارزیابی رشد نمونه‌ها براساس پوشش کامل کپک بر روی سطح بستر انجام پذیرفت. به صورتیکه رشد کپک بر روی محصول کامل شده‌باشد اما به مرحله تولید اسپور و سیاه شدن اوکارا نرسیده باشد. همان‌گونه که ذکرشد بهینه‌سازی رشد کپک *ریزوپوس اولیگوسپورس* در دامنه دمایی بین ۳۶°C-۲۴ بررسی‌شد. رشد *ریزوپوس اولیگوسپوروس* به صورت ظاهری در دمای ۲۸ °C و ۲۶، ۲۴ به قدری ضعیف بود که پس از ۲۴ h میسلیوم‌های بسیار ضعیفی در بستر تشکیل شده‌بود. اما در دمای ۳۰ °C رشد کپک حالت قابل توجهی به خود گرفته بود و در دمای ۳۶ °C و ۳۴، ۳۲ رشد کپک به حداکثر مقدار خود رسید. با توجه به‌این‌که در دمای ۳۶ °C و ۳۴ شدت اسپورزایی کپک افزایش‌یافته و کپک بسیار سریع به فاز تولید اسپور می‌رفت و موجب سیاه شدن بستر می‌گردید، دمای ۳۲ °C به منظور کشت نمونه‌های اوکارا انتخاب‌شد.

بررسی نتایج بهینه‌سازی فرمولاسیون مناسب غذایی از بستر قارچی

در بررسی اول میزان پودر سیب‌زمینی که یک ترکیب به منظور ایجاد بافت مناسب است مورد آزمایش قرارگرفت

www.SID.ir

Archive of SID

و متغیرهای دیگر در سطوح میانی ثابت نگه داشته‌شد. همین روش برای بهینه‌سازی متغیرهای دیگر به‌کار گرفته‌شد. نتایج به دست آمده در جدول (۳) نشان داده‌شده‌است.

جدول (۳): امتیاز کسب شده برای مقادیر مختلف پودر سیب‌زمینی، توفو، شکر، نمک، پیاز، سیر، ادویه ترکیبی و تخم مرغ در ارزیابی حسی

	سیب زمینی		
درصد ماده	٪۲۵	٪۳۰	٪۳۵
امتیاز بافت	۳/۵±۰/۱۹	۲±۰/۳۱	۲/۵±۰/۲۷
امتیاز طعم	۳±۰/۲۱	۲±۰/۲۸	۱/۷۵±۰/۲۱
	توفو		
درصد ماده	٪۱۵	٪۲۰	٪۲۵
امتیاز بافت	۲/۸±۰/۱۸	۳/۱±۰/۱	۲/۸۳±۰/۲
امتیاز طعم	۲±۰/۲۳	۲/۴۵±۰/۱۱	۲±۰/۰۸
	شکر		
درصد ماده	٪۳	٪۳/۵	٪۴
امتیاز بافت	۳/۱±۰/۱	۳±۰/۲۳	۳/۳۷±۰/۱۲
امتیاز طعم	۲/۱±۰/۲۳	۳±۰/۲۷	۳/۵±۰/۱۴
	نمک		
درصد ماده	۱/۵	۲	۲/۵
امتیاز بافت	۴/۱±۰/۲۲	۴±۰/۲۹	۴±۰/۱
امتیاز طعم	۲/۳±۰/۳۱	۳/۱±۰/۳۳	۲/۵±۰/۲۵
	پیاز		
درصد ماده	٪۲۵	٪۳۵	٪۴۵
امتیاز بافت	۳/۱±۰/۲۹	۴/۳±۰/۳۴	۳±۰/۵۱
امتیاز طعم	۱/۸±۰/۳۷	۲/۵±۰/۴۱	۱/۴۶±۰/۴۸
	سیر		
درصد ماده	٪۳/۵	٪۴	٪۴/۵
امتیاز بافت	۳/۵۸±۰/۶۹	۳/۵۸±۰/۵۳	۳/۳۳±۰/۴۸
امتیاز طعم	۳/۱۶±۰/۳۹	۲/۶۶±۰/۴۱	۲/۵±۰/۳۴
	ادویه ترکیبی		
درصد ماده	٪۱/۵	٪۲	٪۲/۵
امتیاز بافت	۴±۰/۴۱	۳/۸±۰/۲۶	۳/۷۵±۰/۵۵
امتیاز طعم	۳/۵۸±۰/۵۱	۳/۲۵±۰/۴۷	۲/۳۳±۰/۳۸

www.SID.ir

Archive of SID

	تخم مرغ		
درصد ماده	۱۰ گرم در صد	۲۰ گرم در صد	۳۰ گرم در صد
امتیاز بافت	۴/۴±۰/۳۹	۴/۴±۰/۷۹	۴/۴±۰/۵۱
امتیاز طعم	۲/۸±۰/۲	۳/۴±۰/۳۹	۳/۱±۰/۴۱

میزان ازت و پروتئین در نمونه بهینه‌شده

مقدار ازت و پروتئین در بستر قارچی پس از فرمولاسیون نهایی در جدول (۴) نشان داده‌شده است.

همان‌گونه که ملاحظه‌می‌گردد پس از اضافه‌کردن ترکیبات مختلف و فرمولاسیون نهایی محصول به‌دست‌آمده دارای حدود ۴۰٪ پروتئین است که این مقدار بسیار قابل توجه و مناسب است و نشان‌دهنده کیفیت بالای غذایی این محصول گیاهی است. به‌ویژه این‌که پروتئین‌های این محصول تحت تاثیر کپک *ریزوپوس اولیگوسپوروس* به پروتئین محلول و کاملاً قابل جذب همراه با مقدار بالایی ویتامین‌های گروه B تبدیل شده‌است.

جدول(٤): مقدار ازت و پروتئین در نمونه بهینه پس از فرمولاسیون نهایی

	مقدار ازت (٪)	مقدار پروتئین (٪)
نمونه بهینه	۶/۵±۰/۷	۴۰/۶±۳/۷

بحث و نتیجه گیری

اوکارا محصولی است که پس از تولید شیر سویا به صورت جامد از سویا باقی‌می‌ماند. این ماده دارای مقدار قابل توجهی پروتئین، فیبر و مواد معدنی است. اما به دلیل مقدار بالای رطوبت به راحتی قابل انبارداری و نگهداری نیست. پژوهش‌های متعددی به منظور استفاده از اوکارا در محصولات غذایی صورت پذیرفته‌است. اما به‌هرحال تخمیر اوکارا با استفاده از قارچ‌های خوراکی کمتر مورد توجه قرارگرفته‌است. از طرف دیگر کپک *ریزوپوس اولیگوسپوروس* کپکی است که بر روی سویا کشت شده و به‌عنوان یک غذای تخمیری سنتی در بسیاری از نقاط جهان مورد استفاده قرارمی‌گیرد. محصول تولیدشده که تمپه نام دارد از محبوبیت بالایی به‌عنوان یک محصول غذایی پروتئینی برخوردار است. اما بررسی‌های انجام شده عمدتاً برروی دانه کامل سویا صورت پذیرفته‌است. در این پژوهش علاوه بر کپک *ریزوپوس اولیگوسپوروس* از قارچ‌های دیگری نیز برای تخمیر اوکارا استفاده‌شد. هدف از استفاده از قارچ‌های دیگری نظیر پلوروتوس و آگاریکوس که عمدتاً به‌منظور تولید کلاهک استفاده می‌شوند این بود که طعم کلاهک این قارچ‌ها بسیار مطبوع و قوی است، به همین منظور سعی‌شد از میسلیوم آن‌ها برای تولید بستر قارچی اوکارا استفاده‌شود. به‌طورکلی قارچ‌های *پلوروتوس سلولوتیک* هستند و بر روی بسترهای سلولزی به خوبی رشد نموده و ایجاد کلاهک می‌کنند و با توجه به ماهیت اوکارا که پروتئین‌های آن با تولید توفو حذف گردیده‌است و ترکیبات فیبری و کربوهیدراتی آن باقی‌مانده‌است، انتظار رشد مناسبی از گونه‌های پلوروتوس بر روی اوکارا می‌رفت. اما نتایج نشان‌داد این قارچ‌ها بدلیل تولید آنزیم‌های سلولوتیک و ترکیبات دیگر باعث‌می‌گردند تا بستر کاملاً تجزیه و نامطبوع گردد. در هر حال هیچ‌گونه گزارشی در مورد استفاده از میسلیوم‌های قارچ‌های خوراکی برای تولید محصولات غذایی وجود ندارد. بررسی‌های انجام‌شده نیز نشان‌داد میسلیوم این قارچ‌ها به شدت موجب تخریب بستر و ایجاد طعم نامناسب

www.SID.ir

Archive of SID

می‌گردد. درحالیکه کشت کپک *ریزوپوس اولیگوسپوروس* نشان‌داد بستر به صورت کاملا سالم و بدون ایجاد هرگونه طعم نامناسب باقی‌می‌ماند. لذا کپک *ریزوپوس اولیگوسپوروس* برای ادامه تحقیق انتخاب گردید.

ارزیابی مقدار ازت بستر در نمونه‌های تخمیرشده و بدون تخمیر نیز نشان‌می‌دهد بیشتر از این‌که میزان ازت کل دستخوش تغییر گردد میزان پروتئین‌های بستر پس از کشت کپک دستخوش تغییر و افزایش می‌گردد (جدول ۴). این نتیجه با نتایج کار ما و همکاران (۱۹۹۷) همخوانی دارد (۱۲). به‌نظرمی‌رسد رشد کپک بر روی بستر اوکارا می‌تواند با افزایش میزان پروتئین بستر موجب غنی‌شدن آن گردد. ارزیابی رطوبت نیز نشان‌داد مقدار رطوبت در محصول تخمیرشده بیشتر از اوکارای بدون تخمیر است. با توجه به این‌که تلقیح توسط سوسپانسیون اسپوری انجام می‌شد به‌نظر می‌رسد یکی از دلایل افزایش رطوبت می‌تواند تلقیح مایع اسپوری به اوکارا باشد.

بهینه‌سازی دما برای این کپک نشان‌داد بهترین شرایط رشد دمای بالای $30^{\circ}C$ می‌باشد. گزارشات مختلف عمدتاً دمای $37^{\circ}C$ تا ۳۰ را برای رشد این کپک پیشنهاد کرده‌اند و در برخی موارد نیز دمای اتاق پیشنهاد شده‌است (۱۷,۱۲). این موضوع نشان‌می‌دهد دمای بهینه رشد این کپک دامنه نسبتاً وسیعی دارد. در هر صورت با توجه به تولید اسپور در دمای بهینه رشد، برای مراحل بعدی دمای $32^{\circ}C$ انتخاب‌شد.

پس از بهینه‌سازی دما فرمولاسیون ترکیبات مختلف برروی بستر تخمیرشده با هدف تولید یک برگر گیاهی صورت‌پذیرفت و مقادیر مختلف ترکیبات مورد استفاده در فرمولاسیون بهینه‌سازی شد (جدول ۳). همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد در بررسی مقادیر مختلف پودر سیب‌زمینی بیشترین امتیاز به مقدار ۲۵٪ پودر سیب‌زمینی داده‌شده‌است. به همین دلیل مقدار بهینه این ماده در سطح یک انتخاب شد. لازم به ذکر است علت این‌که مقادیر صفر برای متغیر بالا یا دیگر متغیرها در نظر گرفته‌نشده‌است این است که وجود حداقل بعضی از این موارد در ایجاد بافت ضروری است و در صورت اضافه‌نشدن به محصول، بافت مناسبی جهت پخت ایجاد نمی‌گردد. پس از انتخاب متغیر اول در سطح یک، متغیر دوم که مقدار توفو می‌باشد مورد بررسی قرارگرفت که نتایج نشان‌داد اختلاف قابل قبولی در سطح دوم نسبت به سطوح یک و سه دیده می‌شود. به همین دلیل سطح دوم یا ۲۰٪ توفو به‌عنوان شرایط بهینه انتخاب‌شد. بررسی ظاهری نمونه نشان‌داد افزودن توفو به بستر باعث ایجاد یک بافت نرم و قابل قبول در نمونه می‌گردید. اما افزایش بیش‌ازحد آن، بافت را تا حدی از حالت سفت و شکل نزدیک به گوشت خارج نموده و به شکل خمیری نزدیک می‌نمود که در هنگام افزودن ۲۵٪ توفو به بستر این موضوع کاملاً مشهود بود.

پس از انتخاب شرایط بهینه توفو، آزمایش بعدی به منظور بهینه‌سازی شکر انجام‌پذیرفت. همان‌گونه که ملاحظه‌می‌گردد امتیاز کسب‌شده در سطح سوم نسبت به دو سطح دیگر بیشتر است. علت اصلی این امر اثر شیرین‌سازی شکر و قدرت آنتی‌اکسیدانی ضعیف آن است. با توجه به امتیاز کسب‌شده در نمونه از نظر طعم، سطح سوم انتخاب‌شده و متغیرهای بعدی که شامل نمک، پیاز، سیر، ادویه و تخم مرغ بود مورد ارزیابی قرارگرفت. به‌همین‌ترتیب اثر متغیرهای دیگر به ترتیب نمک در سطح دوم، پیاز در سطح دوم، سیر در سطح اول، ادویه در سطح اول و تخم مرغ در سطح دوم انتخاب گردید. بر این اساس شرایط بهینه تولید محصول غذایی از بستر تخمیرشده اوکارا به شکل زیر بود.

پودر سیب‌زمینی ۲۵٪، توفو ۲۰٪، شکر۴٪، نمک ۲٪، پیاز۳۵٪، سیر۳/۵٪، ادویه۱/۵٪ و تخم مرغ gr ۲۰. مخلوط این ترکیبات همراه با بستر تخمیرشده اوکارا تبدیل به نوعی کتلت یا برگر گیاهی می‌گردد که علاوه بر وجود فیبر بالا و پروتئین‌های مناسب، حاوی ویتامین‌های گروه B و دیگر ترکیبات نیز می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به این‌که تاکنون هیچ‌گونه گزارشی در زمینه تولید چنین محصولی در دنیا وجود ندارد و این کار به‌نوبه‌خود کاملاً منحصربه‌فرد است، تولید این محصول می‌تواند باعث استفاده از ضایعات اوکارا گردد که هم‌اکنون با قیمت بسیار ارزان به‌عنوان یک ماده فرعی از کارخانجات تولیدکننده شیر سویا در اختیار می‌باشد. محصول تولیدشده یک ترکیب غنی و مفید از نظر غذایی می‌باشد که می‌تواند به خوبی در رژیم غذایی مورد استفاده قرارگیرد.

قدردانی

بدینوسیله از سازمان گسترش و نوسازی صنایع ایران که هزینه انجام این پژوهش را تامین نموده‌اند کمال تقدیر و تشکر می‌گردد.

منابع

۱-لطیفی ن. موارد استفاده و اقتصادی سویا در زراعت سویا. انتشارات جهاد دانشگاهی. مشهد. ۱۳۷۲ ۶(۸): ۲۹-۸.

۲-عبدالواحد، ب. ۱۳۶۹. درباره سویا. مجله سنبله ۶(۱۸): ۵۷ – ۵۶.

۳-رنجبر غ، کریمی م، خواجه پور م. اثر فاصله ردیف و تراکم بوته بر عملکرد و اجزاء عملکرد دانه دو رقم سویا، مجله علوم کشاورزی ایران، ۱۳۶۷(۱۹)۱۸:۱۳-۲۴.

4- Gavin M, wettstein A. Soymilk and Other Soy Products. Buhler Ltd. Uzwil, Switzerland. 1990;12(18): 88-183

۵-شمس ک. ترکیبات شیمیایی دانه سویا. مجله سنبله. ۱۳۷۷;۱۰۶(۱۲): ۵۲-۴۵.

۶-کوشا ه. ویژگی‌های تغذیه ای و مراحل تولید شیر سویا. مجله روغن نباتی. ۱۳۸۳;۱۶(۸):۳۳-۳۰

7- Gibbs FB, Zoygman A, Masse R, Mulligan C. Production and Characterization of Bioactive Peptides from Soy Hydrolysate and Soy-Fermented Food. International Journal food research. 2004; 37(2), 123-131.

8- Ha BZ, Rombouts FM, Nout MJ. Chinese Fermented Soy Bean Food. International Journal of Food Microbiology 2001; 65(1-2), 1-10.

9- Hessles PE, Larsen PE, Constantinou AI, Schram KH, Weber JM. Isolation of Isoflovones from Soy Based Fermentation of the Erythromycin - Producing Bacterium Saccharopolyspora erythraea. Journal of applied microbiology and biotechnology 1997; 47(4), 398-404.

10- Patrica A, Kubita B, Hauck CC. Solvent Extraction Selection in the Determination of Isoflovens in Soy Foods. Journal of Chromatography B 2002; 777(1-2), 129-138.

11- Keuth S, Bisping B. Formatin of Vitamins by Pure Cultures of Tempe Moulds and Bacteria During the Tempe Solid Substrate Fermentation. Journal of Applied Bacteriology 1993; 75(5), 427-434.

12- Ma CY, Liu SW, Kwok K.C, Kwork F. Isolation and Charactersiation of Proteins from Soy Milk Residue (Okara). International journal of food research 1997; 29(8), 799-805.

13-Yamaguchi F, Ota Y, Hatanka C. Extraction and Parification of Pectic Polysaccharides from Soybean Okara and Enzymatic Analysis of Their Structures. Carbohydrate Polymers 1996; 30(4), 265-273.

14- Genta HD, Genta ML, Alvarez NV , Santana MS. Production and Acceptance of a Soy Candy. Journal of Food Engineering 2002; 53(2), 199-202.

۱۵-لامع، ح. راهنمای استفاده از افزودنی های مواد غذایی. مرکز انتشارات علمی دانشگاه آزاد اسلامی، تهران. ۱۳۷۹(۲)۸: ۱۰۱-۱۰۵

16- Mullin WJ, Fregeau-Reid JA., Bulter M, Woodrow L, Jessop DB, Raymond D. An Intra Laboratory Test of a Procedure of Assess Soybean Quality for Soymilk and Tofu Production. International journal food research; 2001; 34(8), 669-677.

17- Aoki H, Uda I, Tagami K., Furuga, Y, Endo Y. The Production of a New Tempeh-Like Fermented Soybean Containing a High Level of Aminobutyric Acid by Anaerobic Incubation with Rhizopus. Journal of bioscience, biotechnology and biochemistry 2003; 67(5), 1018-1023

www.SID.ir

Archive of SID

Optimiztion of okara fermentation and production of burger from fermented okara

Davood Zare[1], Tahmineh Taghizadeh[2]

1-Bioenergy and Bioconversion Group, Biotechnology Department, Iranian Research Organization for Science and Technology, Tehran, Iran (correspond author)*
2-Persian Type Culture Collection, Biotechnology Department, Iranian Research Organization for Science and Technology, Tehran, Iran

Received: 1394/11/23
Accepted: 1395/01/30

Abstract

Fermented foods have abundant benefits. One of the most popular fermented foods is fermented soy or tempe which is fermention of soybean by Rhizopus oligosporus. On the other hand, okara or soy bean cured residue is solid waste after production of soy milk with capability to use for fermentation. At present study, the growth of different edible mushrooms was evaluated on okara and temperature was optimized for growth of selected fungus. Results indicated that among different species of *Pleurotus*, *Agaricus*, *Flammulina*, *Rasgulla and Rhizopus*, the best strain for production of a suitable fermented food was *Rhizopus oligosporus*. Temperature was optimized for growth of *Rhizopus oligosporus* on okara and result indicated that the optimum temperature was 32 °C. Finally, fermented okara was formulated by some ingredients to produce a novel fermented food. Results showed that the best formulation for production of a suitable burger by fermented okara includes potato powder (25%), tofu (20%), sugar (4%), salt (2%), garlic (3.5%), spices (1/5%) and egg (20%). The amount of protein on formulated food was 40.6% which is valuable amount on human nutrition.

Keywords: Soy, Okara, Fermented Food, *Rhizopus oligosporus.*

* davoodz@yahoo.com

www.SID.ir