Archive of SID

ریز کپسول سازی خامه با استفاده از تکنیک خشک‌کن پاششی

هدا جعفری‌زاده*[۱]، فرزانه وهاب‌زاده[۲] و بابک بنکدارپور[۳]

۱- دانشجوی گروه صنایع غذایی، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی سهند تبریز

۲- دانشیارگروه صنایع غذایی، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه امیرکبیر

۳- دانشیار گروه صنایع غذایی، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه امیرکبیر

چکیده

ریزکپسول سازی به عنوان یک فناوری در بسته‌بندی مواد جامد، مایع و گاز در مقیاس و اندازه بسیار کوچک (بین ۱ تا ۱۰۰۰ میکرون) شناخته می‌شود که در آن ریزکپسولهای مهر و موم شده قادر به رهاسازی کنترل شده محتویاتشان با شدتهای معین و تحت شرایط خاص و مدنظر می‌باشند. ریزکپسول سازی خامه می تواند به عنوان یکی از راههای جلوگیری از اکسیداسیون خامه و افزایش زمان ماندگاری در کنار سایر روشها مطرح شود. تحقیقات گسترده‌ای در جهان بر روی ریزکپسول سازی خامه- که در صنایع مختلف غذایی دارای کاربردهای متعدد و بسیاری می‌باشد- انجام گرفته که ماحصل آن دستیابی به تعداد معدودی مواد پوشش دهنده متناسب با این ماده بوده است. در تحقیق حاضر از پودر آب پنیر (حاوی ۱۲درصد پروتئین) به عنوان ماده دیوارهای اصلی و گلوتن، ژلاتین، نشاسته تصفیه شده و عصاره شیرین بیان، به عنوان جایگزین جزیی با پودر آب پنیر در سیستم دیواره‌ای ریزکپسولها استفاده شده است. خامه به عنوان ماده هسته در تحقیق حاضر، در نظر گرفته شده است که با مواد دیواره‌ای که در بالا به آنها اشاره گردید و با استفاده از تکنیک خشک‌کن پاششی، به‌صورت ریزکپسول بکار رفته است. اثرات نوع و غلظت مواد دیواره‌ای، همچنین بارخامه مصرفی روی روند کارآیی ریزکپسول سازی و بازدهی تولید استفاده شد و نتایج حاصل، گزارش گردیده است.

کلید واژگان: ریزکپسول سازی، خشک‌کن پاششی، خامه، پودر آب پنیر، شیرین بیان

۱- مقدمه

ریزکپسول سازی به واقع یک طریق و روش بسته‌بندی به‌شمار می‌آید که با آن ذرات کوچک اندازه جامد و قطرات ریزمایع در بخش درونی لایه‌ای نازک و کم ضخامت از مواد پوشش دهنده جای گرفته و بسته‌بندی می‌شوند. عامل پوشش دهنده و احاطه کننده ماده ریزکپسول شده که اصطلاحاً به آن ماده هسته گفته می‌شود ماده دیواره نام دارد. ماده دیواره با جلوگیری از تخریب فیزیکی و یا شیمیایی و تبخیر و از دست رفتن ماده هسته (در صورت فرار بودن)، نهایتاً تحت شرایط کنترل شده آزادسازی هسته را ممکن می‌سازد. اگر چه در این مسیر تکنیکهای بسیاری شناخته و بهره‌برداری شده است؛ ولی استفاده از روش خشک کردن پاششی، متداولترین روش ریزکپسول سازی در صنعت غذا به‌شمار می‌آید. ریزکپسول سازی در صنایع غذایی عمدتاً شامل مواد فرار، چاشنیها، ویتامینها، باکتریها، آنزیمها و برخی اسیدهای آلی خوراکی و مواد معدنی تغذیه‌ای می‌باشد. اگر چه برای کاربردهای غیر تغذیه‌ای مواد دیواره‌ای بسیاری شناخته شده و موجود می‌باشند، اما به واقع تعداد معدودی از این مواد در صنعت غذا، کاربرد دارند. از جمله مواد قابل استفاده در سیستم دیواره‌ای در صنعت غذا می‌توان به صمغ عربی، انواعی از کربوهیدراتها، مومها و نیز تعدادی از پروتئینها اشاره کرد. لازم به ذکر است بسته به نوع تکنیک به کار گرفته شده برای ریزکپسول سازی، مواد دیواره‌ای خاصی می‌تواند استفاده شود. در روش استفاده از خشک‌کن پاششی، این مواد باید از مشخصه‌هایی چون: توان انحلالی بالا، خشک شدن خوب، به‌شکل فیلم و لایه نازک درآمدن مناسب و در نهایت اینکه محلولهای نسبتاً غلیظ آنها از مشخصه گرانروی پایینی برخوردار باشند [۱].

تلاشهای زیادی برای بسط و گسترش و شناسایی ترکیبات دیواره‌ای جدید انجام شده؛ اما موفقیتها در این زمینه کم و نسبتاً ناچیز بوده است. مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی پروتئینهای آب پنیر به گونه‌ای گسترده مطالعه نشده است. این پروتئینها از

* مسؤول مکاتبات مقاله jafarizadeh@sut.ac.ir

www.SID.ir

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-03]

Archive of SID

خواص مطلوبی نظیر: توان انحلالی بالا و به شکل لایه نازک درآمدن که آنها را به‌عنوان مواد دیواره‌ای مناسب مشخص می‌سازد برخوردار می‌باشند. از دیگر ترکیباتی که در روند ریزکپسول سازی سیستم دیواره‌ای مورد استفاده قرار گرفته‌اند، می‌توان به گروهی از کربوهیدراتها به ویژه نشاسته و مشتقات آن اشاره کرد [۱، ۲].

عصاره شیرین بیان حاوی یک کربوهیدرات ارزان قیمت و برخوردار از تعدادی مشخصه‌های دارویی و غذایی است. این ماده علاوه بر اینکه حاوی مواد و ترکیبات مهمی نظیر؛ ویتامینهای E و B- کمپلکس، فسفر، بیوتین، نیاسین، لستین، منگنز، ید، کروم و روی می‌باشد، خاصیت آنتی اکسیدانی مناسب داشته و شیرینی آن حدود پنجاه برابر شیرینی قند معمولی است. این ماده در درمان زخم معده و زخم اثنی عشر و سرماخوردگی مؤثر بوده و تحقیقات اخیر نشان داده است، این ماده مشتقاتی دارد که از رشد سلولهای سرطانی و پوسیدگی و فساد دندانها جلوگیری می‌کند [۳].

چربی شیر و کاربرد آن در صنایع غذایی مختلف به قابلیت و توان مقاومت آن نسبت به اکسیداسیون بستگی دارد. با ریزکپسول سازی چربی شیر را می‌توان به پودری خشک تبدیل، و با پایدار کردن آن در برابر اکسیداسیون، راه حل دیگری برای این مسأله ارایه نمود [۲، ٤، ٥].

هدف از تحقیق حاضر، بررسی و مطالعه اثرات ترکیبات دیواره‌ای مختلف با در نظر گرفتن ماده پایه‌ای پودر آب پنیر تجارتی با داشتن پروتئین در حد ۱۲، بر تعدادی از متغیرهای اصلی ریزکپسول سازی چربی شیر- در واقع خامه- با استفاده از روش خشک کردن پاششی می‌باشد.

۲- مواد و روشها

پودر آب پنیر با حدود ۱۲درصد پروتئین از شرکت کازیینات ایران، گلوتن و نشاستهٔ اصلاح شده از شرکت گلوکز یاسوج، عصارهٔ شیرین بیان و ژلاتین از بازار تهران، همچنین خامه با حدود ۳۰درصد چربی از شرکت سهامی شیر ایران خریداری شد.

۲-۱- ریزکپسول سازی

۱- تهیه و آماده سازی امولسیون همگن‌سازی شده: در تهیه محلولهای دیواره‌ای با داشتن ۱۰ تا ۳۰ درصد وزن، برای ذرات جامد، از آب مقطر استفاده شد. از گلوتن، ژلاتین، نشاستهٔ تصفیه شده و عصاره شیرین بیان، هر یک در حد و مقدار مشخص به عنوان جایگزین درصدی از پودر آب پنیر استفاده شده است. پراکنده سازی خامه با نسبتهای ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد وزنی ذرات جامد محلول دیواره‌ای و با به کار گرفتن همگن کننده تیغه‌ای (Edmund Buhler از آلمان) انجام گرفت (سرعت در حد ۲۵۰۰۰ rpm، زمان ۲ دقیقه، دما ٦۰ °C) امولسیون حاصل محلولی همگن و یکنواخت بوده است.

۲- خشک کردن امولسیون همگن سازی شده و تولید محصول: برای ریزکپسول سازی امولسیون تهیه شده از خشک‌کن پاششی (Didacta از ایتالیا) به شرح فوق استفاده شد. این خشک‌کن دارای محفظه‌ای استوانه‌ای شکل شیشه‌ای بوده و ابعادی با طول ۱m و قطر ۳۰ cm و سرعت جریان یابی هوا در حد ٤۰-۱۰ lit/s می‌باشد. سرعت پمپ ۸۰ rpm و فشار هوا ۱۵ Kpa/cm^2 تنظیم می‌شود. دمای هوای ورودی و خروجی به دستگاه به ترتیب ۱٦۰°C و ۸۵°C می‌باشد.

بازدهی فرایند ریزکپسول سازی[1]، نسبت بار چربی (خامه) ریزکپسول شده با بار چربی موجود در داخل ماده همگن سازی شده (امولسیون) می‌باشد؛ ضمن آنکه کارایی فرایند ریزکپسول سازی[2]، بصورت میزان چربی غیر قابل استخراج از ریزکپسولها تعریف شده است [٤، ٥]. در مطالعه حاضر از روش معمول استخراج چربی و با بکار گرفتن اتر نفتی استفاده شد [٦]. تعیین مقدار رطوبت ریزکپسولها با استفاده از آون خلا صورت گرفته است (دما در حد ۱۰۰ °C، زمان ۵ ساعت).

۳- نتایج و بحث

مرحله نخست در روند ریزکپسول سازی شامل پراکنده ساختن ماده هسته‌ای در محلول امولسیونی مواد دیواره می‌باشد. در تحقیق حاضر، این مرحله شامل امولسیفیکاسیون خامه در محلول دیواره‌ای مربوطه می‌باشد. پودر آب پنیر شیرین با ۱۲درصد پروتئین، به عنوان ماده پایه‌ای در تهیه دیواره در نظر گرفته شد. در این تحقیق جایگزینی بخشی از ماده پایه‌ای با ترکیبات مختلف نظیر: عصاره شیرین بیان، نشاسته تصفیه شده، ژلاتین و گلوتن مد نظر قرار گرفته است. به منظور بهبود یکنواختی و همگنی طبیعت امولسیون تهیه شده از عصاره شیرین بیان استفاده شده و ۱۰درصد پودر آب پنیر با این ماده جایگزین شد. با توجه به نتایج

1. Micro Encapsulation Yield
2. Micro Encapsulation Eficiency (MEE)

www.SID.ir
[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-03]

Archive of SID

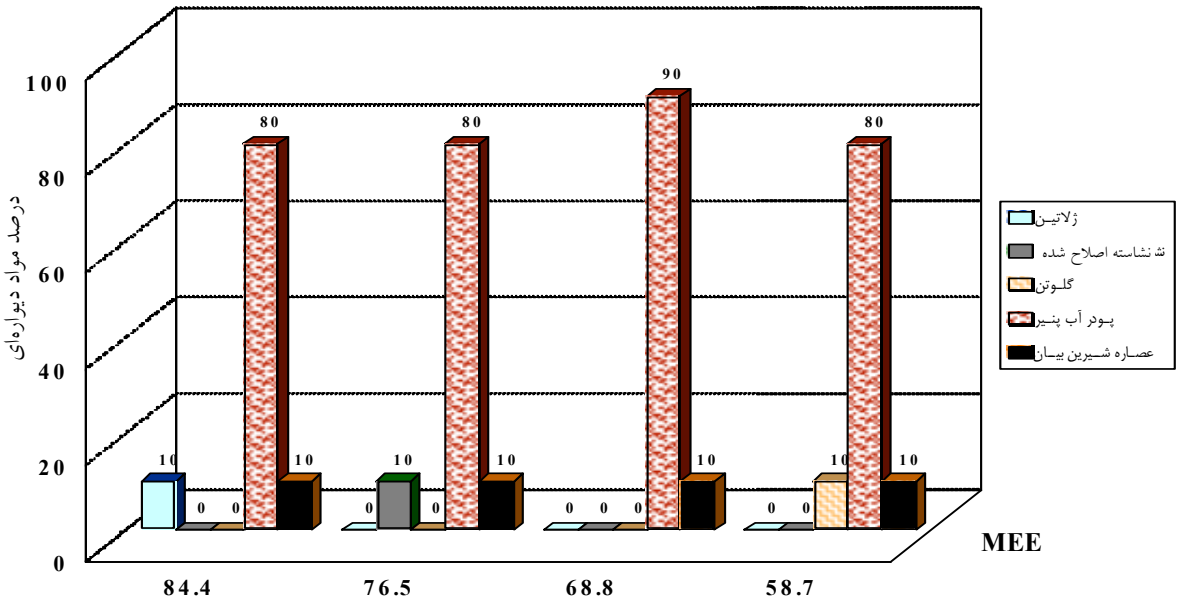
به‌دست آمده از مطالعات مقدماتی، حد و مقدار این ماده تعیین شده و به این ترتیب در تمامی فرمولاسیون ریزکپسولها لحاظ شده است.

در این مطالعه با حضور گلوتن و یا نشاسته تصفیه شده، از همگنی طبیعت امولسیون مواد دیواره‌ای کاسته شد؛ به عنوان مثال، لحاظ نمودن گلوتن با اجزای احتمالاً پروتئینی، در امولسیون همراه بوده و نهایتاً بخشی از مواد دیواره‌ای در مرحله امولسیفیکاسیون در ظرف هموژنایزر ته‌نشین گردید؛ همچنین در همگن سازیِ مکانیکیِ امولسیون، در حضور نشاسته تصفیه شده، میزان قابل ملاحظه‌ای کف در سیستم تولید می‌شود که با اضافه کردن عصاره شیرین بیان به امولسیون، بهبود قابل ملاحظه‌ای در تشکیل و نهایتاً کنترل کف حاصل شد. وجودِ عصاره شیرین بیان در امولسیفیکاسیون، امولسیون تهیه شده را پایدار، و سبب بهبود پراکنده سازی خامه در محلول دیواره‌ای می‌شود. در مرحله پایانی، با استفاده از خشک‌کن پاششی، امولسیونِ همگن سازی شده به‌صورت پودری شکل خشک می‌گردد. مشخصه پودری شکل شدن امولسیونِ حاوی ژلاتین، از هنگامیکه از گلوتن در فرمولاسیون استفاده می‌شود، به مراتب بهتر بوده و میزان چسبندگی امولسیون همگن‌سازی شده به دیواره خشک‌کن در حد ناچیز و اندک می‌باشد. کارایی ریزکپسول سازی برای تیمارهای مختلف محاسبه و نتایج در شکل ۱ آمده است. کارایی ریزکپسول سازی برای تیماری که در آن علاوه بر ماده دیواره‌ای پایه‌ای پودر آب پنیر، ژلاتین و عصاره شیرین بیان حضور دارد، در حد ۸٤/٤۱درصد تعیین شد؛ ضمن آنکه قرار گرفتن گلوتن در وضع ژلاتین در کنار پودر آب پنیر و عصاره شیرین بیان، کارایی را به میزان ۲۵/۵٤درصد کاهش می‌دهد. از سوی دیگر قرار گرفتن نشاسته تصفیه شده در کنار پودر آب پنیر و عصاره شیرین بیان، کارایی روند ریزکپسول سازی را ۷٦/۵۷درصد و در نمونه‌ای که سیستم دیواره‌ای تنها شامل پودر آب پنیر و عصاره شیرین بیان می‌باشد، کارایی در حد ٦۸/۸۷درصد تعیین گردید (شکل ۱). با توجه به میزان پروتئین پودر آب پنیر (۱۲درصد) و به منظور افزایش نسبی مقدار پروتئین سیستم دیواره‌ای از دو ماده پروتئین گیاهی گلوتن و حیوانی ژلاتین در ادامه استفاده و نتایج بر حسب کارایی فرایند ریزکپسول سازی ارایه شده است. در مقایسه میان سه تیماری که در آن ژلاتین در حد ۱۰، ۲۰ و ۳۰درصد استفاده شده، کارایی در تیماری که در آن ژلاتین در حد ۱۰درصد بوده، بیشترین مقدار را دارا می‌باشد (۸٤/٤۱درصد) (شکل۲)؛ از سوی دیگر در مقایسه میان سه تیماری که در آن گلوتن در حد ۱۰، ۲۰ و ۳۰درصد استفاده شده است، کارایی در نمونه‌ای که حاوی ۳۰درصد گلوتن می‌باشد، بالاترین حد را دارد (٦۲/۰۷درصد) (شکل۳). بدین ترتیب در مرحله بعد، نمونه‌هایی که در آن، مادهٔ دیواره‌ای پودر آب پنیر در کنار ژلاتین (۱۰درصد) و مادهٔ دیواره‌ای پودر آب پنیر در کنار گلوتن (در حد ۳۰درصد) بوده است با جایگزینی عصاره شیرین بیان در مقادیر ۱۰، ۲۰ و ۳۰درصد تهیه شد (اشکال ۴ و ۵). کارایی فرایند ریزکپسول سازی در تیماری که در آن عصاره شیرین بیان در حد ۳۰درصد و ژلاتین در حد ۱۰درصد بصورت جزیی با پودر آب پنیر در سیستم دیواره‌ای جایگزین گردیده بود، بیشترین حد را نشانگر می‌باشد (۹۲/۰۹درصد) (شکل۴).

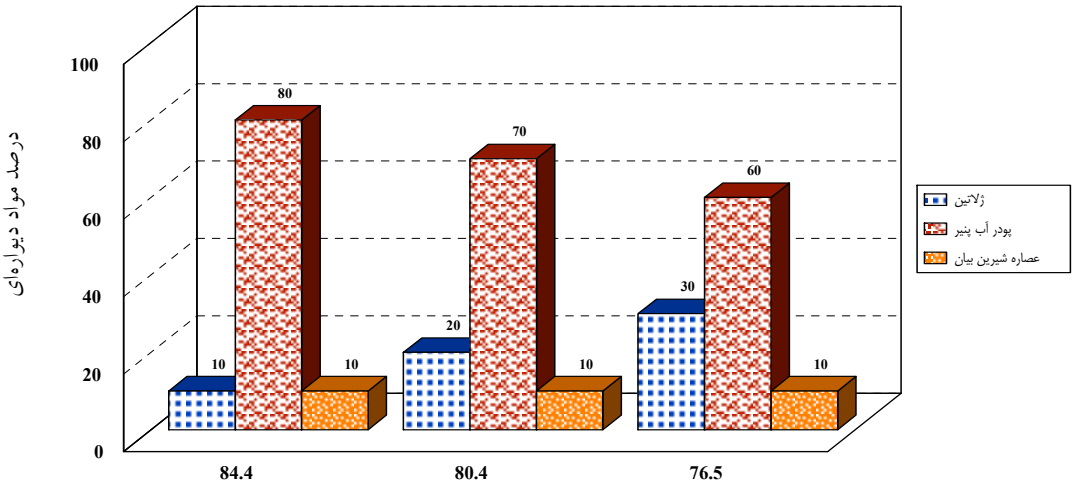
از سوی دیگر در تیماری که در آن عصاره شیرین بیان در حد ۱۰درصد و گلوتن در حد ۳۰درصد جایگزین بخشی از پودر آب پنیر در سیستم دیواره شده بودند، کارایی بالاترین حد را نمایش می‌دهد (٦۲/۰۷درصد) (شکل۵).

www.SID.ir
[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-03]

Archive of SID



شکل ۱ اثر جایگزینی مواد مختلف با پودر آب پنیر در سیستم دیواره‌ای بر روی MEE

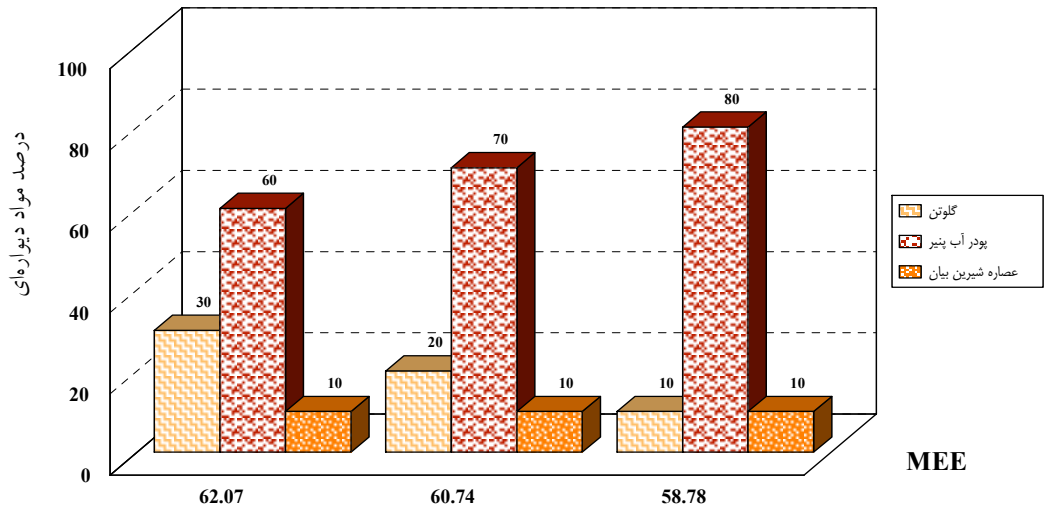


شکل ۲ اثر جایگزینی ژلاتین با پودر آب پنیر در سیستم دیواره‌ای بر روی MEE

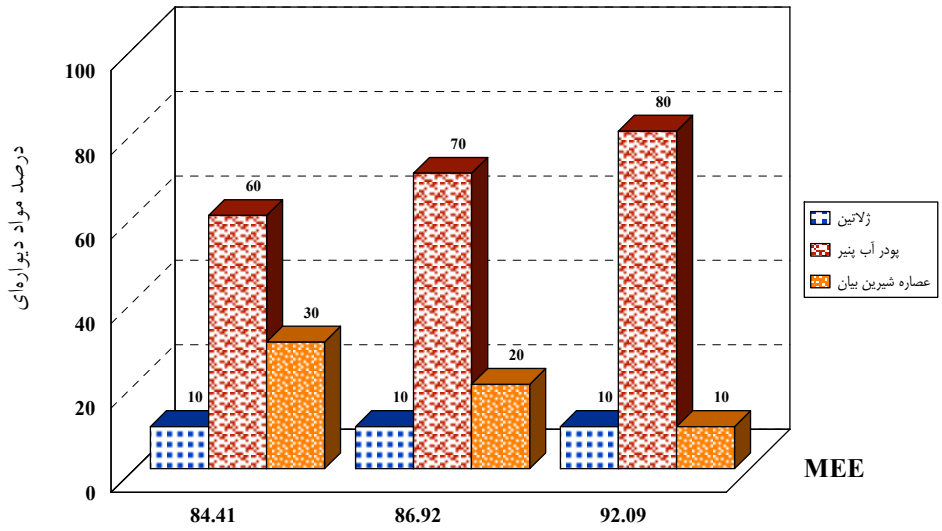
[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-03]

www.SID.ir

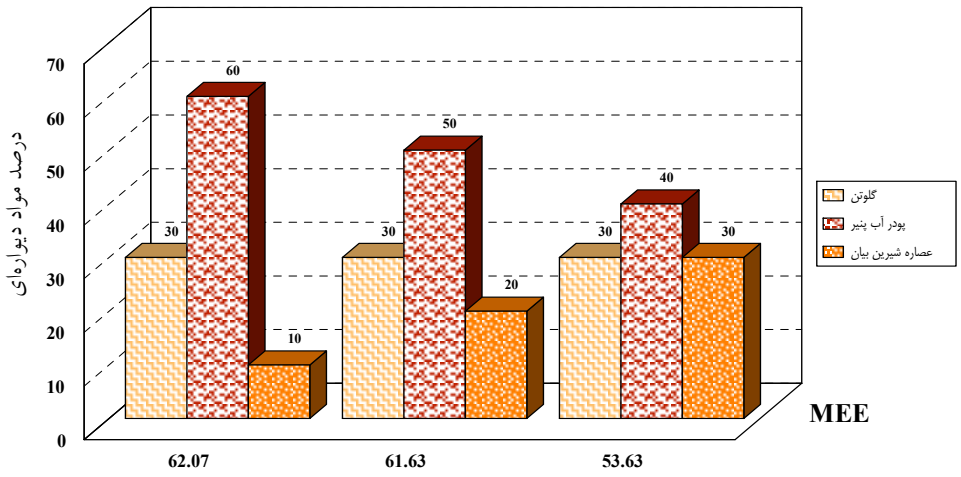
Archive of SID



شکل ۳ اثر جایگزینی گلوتن با پودر آب پنیر در سیستم دیواره‌ای بر روی MEE



شکل ۴ اثر جایگزینی عصارهٔ شیرین بیان با پودر آب پنیر در سیستم دیواره‌ای بر روی MEE



[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-03]

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۵ اثر جایگزینی عصارهٔ شیرین بیان با پودر آب پنیر در سیستم دیواره‌ای بر روی MEE

٤- نتیجه‌گیری

ضمن انجام مطالعـاتی چنـد بـر پـروتئین تغلـیظ یافتـهٔ آب پنیـر (پروتئین در حد ۵۰/۷۵درصد) توان بالقوه این ماده به‌عنوان یـک ترکیب دیواره‌ای برای ریزکپسول سازی شیر مورد شناسایی قـرار گرفته است [۲، ٤، ۵]. از پودر آب پنیر تجارتی موجـود در بـازار داخل با ۱۲درصد پروتئین جهت ریزکپسول سازی خامه با میـزان چربی ۳۰درصد و با استفاده از تکنیک خشک‌کن پاششی اسـتفاده شد و برخی از متغیرهای اصلی معمول در این روند نظیر کارآیی ریزکپسول سازی و نیز بازدهی آن، به مثبت بودن مشخصـه‌هـای عملیاتی اشاره دارند. ضمن آنکه استفاده ازعصاره شیرین بیـان در تهیه سیستم دیواره‌ای ریزکپسولها، بهبود قابل ملاحظه‌ای در روند ریزکپسول سازی مشاهده گردید، استفاده از عصاره شـیرین بیـان در روند ریزکپسول سازی برای نخستین بار گزارش می‌شود.

۵- منابع

[1] Judie D. 1988. Microencapsulation and Encapsulated Ingredients. Journal of Food Technology. 27: 136–146.

[2] Rosenberg M. 1997. Milk drived whey protein-based micro encapsulating agents and method of use. U.S Patent. No. 5601760.

[3] Joe H. K. C.1999. Complementary and Alternative Heading University. can cao. Licorice.

[4] Young S. L. 1993. and Rosenberg M. Microen-capsulating properties of whey proteins. Combination of whey proteins with carbohydrates. Journal of Dairy Science. 76: 2878–2885.

[5] Young S. L. 1993. Rosenberg M. Microencapsu-lating of Anhydrous Milkfat. Journal of Dairy Science. 76: 2868–2877.

[6] Horwits W. 1975. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-03]

www.SID.ir