

بررسی اثر نوع آغازگر و فرمولاسیون بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی ماست چکیده با استفاده از طرح مخلوط و روش خوشه‌بندی دو مرحله‌ای

حسن رشیدی^{1*}، مرتضی کاشانی‌نژاد²، مرضیه بلندی³، سمانه غفاری⁴

- 1- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران
* نویسنده مسئول (h.rashidi@areeo.ac.ir)
- 2- دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران
- 3- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد دامغان، دانشگاه آزاد اسلامی، دامغان، ایران
- 4- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد دامغان، دانشگاه آزاد اسلامی، دامغان، ایران

تاریخ دریافت: 1399/05/29
تاریخ بازنگری: 1399/10/19
تاریخ پذیرش: 1399/10/20
تایخ انتشار برخط: 1399/10/20

چکیده

در این تحقیق اثر نوع استارتر (پروبیوتیکی و غیرپروبیوتیکی)، شیر (58 تا 80 درصد)، خامه (1 تا 33 درصد)، پودر آب‌پنیر (3 تا 7 درصد) و کنسانتره پروتئینی شیر (6 تا 12 درصد) بر اسیدیته، pH، ویسکوزیته و ویژگی‌های حسی (امتیاز طعم و مزه، امتیاز رنگ، امتیاز بافت و پذیرش کلی) ماست چکیده با استفاده از طرح آزمایشی مخلوط مورد ارزیابی قرار گرفتند و سپس تیمارهای تولید با استفاده از خوشه‌بندی دو مرحله‌ای، خوشه‌بندی شده و مورد تحلیل قرار گرفتند. نتایج تحقیق نشان داد که اثرات خطی تیمارهای مخلوط (شیر، خامه، پودر آب‌پنیر و کنسانتره پروتئینی) بر تمامی پاسخ‌های مورد بررسی نمونه‌ها معنی‌دار بودند، به طوری که افزایش شیر و خامه منجر به افزایش pH، ویسکوزیته، امتیاز بافت، رنگ، طعم و مزه و پذیرش کلی و کاهش اسیدیته نمونه‌ها شدند. افزایش پودر آب‌پنیر و کنسانتره پروتئینی شیر نیز منجر به افزایش اسیدیته و کاهش pH، ویسکوزیته، امتیاز بافت، رنگ و پذیرش کلی نمونه‌ها گردید. همچنین اگرچه اثر متقابل نوع استارتر-پودر آب‌پنیر بر ویسکوزیته و امتیاز طعم نمونه‌ها معنی‌دار بود ولی اثر خطی نوع استارتر هیچ‌گونه اثر معنی‌داری بر پاسخ‌های مورد بررسی نمونه‌ها نداشت. خوشه‌بندی دو مرحله‌ای داده‌ها نیز تیمارهای این پژوهش را به دو خوشه مجزا تقسیم کرد و نشان داد که پودر آب‌پنیر و کنسانتره پروتئینی شیر به‌عنوان جایگزین‌های چربی نتوانستند افت ویژگی‌های ناشی از کاهش چربی را به‌طور کلی جبران کنند.

واژه‌های کلیدی

پروبیوتیک
خوشه‌بندی دو مرحله‌ای
طرح آزمایشی مخلوط
کنسانتره پروتئین شیر
ماست چکیده

مقدمه

پروبیوتیک‌ها محصولات متنوعی از آن به‌دست‌آمده است و اکنون تحت نام‌های تجارتي مختلف توسط کارخانه‌های گوناگون در بازارهای جهانی عرضه می‌گردد. ماست‌های پروبیوتیک با تحریک رشد باکتری‌های سودمند کولون، اثرات سیستماتیک مفیدی بر سلامت مصرف‌کننده دارند

فراورده‌های لبنی پروبیوتیک به‌دلیل اثرات مثبت متعدد در سلامتی انسان، امروزه در اکثر نقاط دنیا با استقبال قابل‌توجهی روبرو شده‌اند. مهم‌ترین فراورده پروبیوتیکی که تا به حال تولید شده، ماست است که با استفاده از انواع

جالب هم از جهت اهداف کاربرد و هم از نقطه نظر تغذیه‌ای می‌باشد، زیرا افزایش نسبت پروتئین سرم به کازئین، ارزش بیولوژیکی مخلوط را بهبود می‌بخشد (Fox, 2003). بنابراین با توجه به مطالب بیان شده می‌توان دریافت که نسبت ترکیب اجزاء شیر مورد استفاده برای تولید ماست چکیده تولید شده به روش فرایند بدون آب‌گیری بر کیفیت نهایی محصول بسیار حائز اهمیت است. همچنین با بررسی دقیق منابع می‌توان دریافت که اگرچه اغلب مطالعه‌های انتشار یافته در مورد ماست به اثر نوع استارتر و یا اثر جایگزینی ترکیبات مختلف بر خصوصیات فیزیکیوشیمیایی و حسی آن توجه شده است، اما اثر نوع استارتر و افزودن ترکیبات مختلف هم‌زمان و در غلظت بالای ماده خشک (ماست چکیده) روی خصوصیات بافتی و حسی آن چندان مورد توجه قرار نگرفته است و اگرچه در اکثر تحقیق‌ها با استفاده از نتایج آنالیز واریانس معنی‌داری متغیرهای مستقل بررسی شده است اما معمولاً دید کلی نسبت به تمام تیمارهای انجام شده توسط پژوهشگر وجود ندارد. لذا به نظر می‌رسد خوشه‌بندی تیمارهای فرایند می‌تواند روش مناسبی برای درک بهتر فرمول‌های مختلف ماست چکیده با ویژگی‌های مد نظر باشد. Banykó و Vyletřlová (2009) در ارزیابی منبع باسیلوس سرئوس¹ و باسیلوس لیکنی فورمیس² جدا شده از شیر خام، شیر پاستوریزه و ماست از آنالیز خوشه‌بندی استفاده کردند. Bayarri، Carbonell، Costell و Barrios (2011) نیز تأثیر خصوصیات حسی ماست بر پذیرش مصرف‌کنندگان را با استفاده از آنالیز خوشه‌بندی مورد بررسی قرار دادند. Tomic و همکاران (2017) نیز از آنالیز خوشه‌بندی در ارزیابی حسی ماست غنی شده با فیبر غذایی تریتیکاله³ استفاده کردند. Jaros، Mende، Surber و Rohm (2019) نیز سوبه‌های مختلف استرپتوکوکوس ترموفیلوس⁴ را به منظور ایجاد ارتباط بین خصوصیات اگزوپلی ساکارید و خصوصیات ژل شیر اسیدی شده خوشه‌بندی کردند.

درحقیقت خوشه‌بندی، فرایندی است که به کمک آن می‌توان مجموعه‌ای از اشیاء را به گروه‌های مجزا تفکیک کرد. هر تفکیک یک خوشه نامیده می‌شود. اعضاء هر خوشه با توجه به ویژگی‌هایی که دارند به یکدیگر بسیار شبیه هستند و در عوض میزان شباهت بین خوشه‌ها کمترین

(Hardi & Slacanac, 2000). همچنین هر چند ارزش اساسی فراورده‌های پروبیوتیکی قابلیت زیستی آنهاست، اما خواص حسی نیز جایگاه پراهمیتی دارند زیرا میل و رقت مصرف‌کننده را تعیین می‌کند. به‌طور کلی ماست‌های پروبیوتیک در مقایسه با ماست معمولی از ارزش حسی (طعم شامل مزه و رایحه) کمتری برخوردار هستند (طاهری، 1384). لذا از آنجایی که ترکیب شیمیایی شیر (ماده جامد کل و میزان چربی) به‌طور مشخص روی فعالیت باکتری‌های آغازگر مؤثر است بنابراین فرمولاسیون نهایی ماست به‌منظور بهبود ویژگی‌های ماست پروبیوتیک به‌ویژه ویژگی‌های حسی آن بسیار مهم است. در حال حاضر محصولی که به‌عنوان ماست غلیظ شده در ایران مصرف می‌شود، چکیده نامیده می‌شود و عمدتاً به دو روش تهیه می‌شود. روش اول به‌صورت سنتی می‌باشد و از کیسه‌های پارچه‌ای جهت آب‌گیری از ماست و تبدیل آن به ماست چکیده استفاده می‌شود که مشکلاتی از قبیل غیربهداشتی بودن را به دنبال دارد و روش دوم صنعتی می‌باشد که آب از ماست معمولی با استفاده از سانتریفیوژ جدا می‌شود و تغلیظ صورت می‌گیرد که با مشکلاتی از قبیل سرمایه‌گذاری اولیه بالا، هدر رفتن آب ماست و به دنبال آن پروتئین‌های محلول و مقداری از مواد محلول شیر که باعث کاهش ارزش تغذیه‌ای و همچنین کاهش بهره و راندمان تولید خواهد شد (Ozer & Robinson, 1999). در این روش‌ها آب ماست با ماده خشک حدود 5-7 درصد که قسمت عمده آن لاکتوز به‌صورت لاکتیک می‌باشد (70-80 درصد) و مابقی چربی، پروتئین‌های محلول و حتی مقدار کمی کازئین و املاح می‌باشد، به هدر می‌رود. لذا تغلیظ مستقیم توسط پودرهای پروتئینی حاصل از شیر مانند، شیر خشک، کنسانتره‌های پروتئینی شیر و پودر آب‌پنیر می‌تواند یکی از بهترین روش‌های تولید انواع ماست چکیده (تغلیظ شده) باشد که از آن در برخی منابع به‌عنوان روش فرایند بدون آب‌گیری نیز نام می‌برند (Kashaninejad, Najaf Najafi, Ghods Rohani, & Kashaninejad, 2019) که موضوع اصلی این تحقیق می‌باشد. صرف‌نظر از نوع غنی‌سازی، میزان پروتئین شیر پایه مهم‌ترین عاملی است که روی خواص رئولوژیکی و فیزیکی ماست تأثیر می‌گذارد. افزایش میزان پروتئین موجب افزایش اتصال با آب و در نتیجه استحکام ژل تشکیل شده می‌گردد. استفاده از پروتئین‌های سرم تغلیظ شده نیز در تهیه ماست یک مسئله

¹ *Bacillus cereus*

² *Bacillus licheniformis*

³ Triticale

⁴ *Streptococcus thermophilus*

شدند. باکتری‌های آغازگر تجاری و پروبیوتیک نیز طبق دستورالعمل شرکت سازنده به تیمارهای مد نظر (جدول 1) به فرمولاسیون تهیه‌شده اضافه شد (معادل 2 درصد شیر اولیه) و به مدت 3-4 ساعت در دمای 43-45 درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. پس از رسیدن به اسیدیته موردنظر مجدداً به آرامی هم‌زده شدند و سپس در ظرف درب‌دار پلاستیکی 200 گرمی بسته‌بندی شدند. ماست چکیده تولیدشده به سردخانه جهت خنک‌شدن و نگهداری منتقل شد و بعد از 24 ساعت آزمون‌های موردنظر روی آن انجام شد (Hardi & Slacanac, 2000).

جدول 1- سطوح واقعی اجزاء مخلوط فرمولاسیون ماست چکیده (برحسب درصد)

| نوع استارتر (X ₅) | کنسانتره پروتئینی شیر (X ₄) | پودر آب‌پنیر (X ₃) | خامه (X ₂) | شیر (X ₁) | تیمار |
|-------------------------------|---|--------------------------------|------------------------|-----------------------|-------|
| | 12 | 7 | 1 | 80 | 1 |
| | 11/30 | 6/50 | 4/67 | 77/53 | 2 |
| | 10/80 | 5/40 | 9/67 | 74/13 | 3 |
| | 8/80 | 4/40 | 19/67 | 67/13 | 4 |
| فاقد باکتری‌های پروبیوتیک | 6 | 3 | 33 | 58 | 5 |
| | 12 | 7 | 1 | 80 | 6 |
| | 11/30 | 6/50 | 4/67 | 77/53 | 7 |
| | 10/80 | 5/40 | 9/67 | 74/13 | 8 |
| | 8/80 | 4/40 | 19/67 | 67/13 | 9 |
| | 6 | 3 | 33 | 58 | 10 |
| | 12 | 7 | 1 | 80 | 11 |
| | 11/30 | 6/50 | 4/67 | 77/53 | 12 |
| | 10/80 | 5/40 | 9/67 | 74/13 | 13 |
| | 8/80 | 4/40 | 19/67 | 67/13 | 14 |
| حاوی باکتری‌های پروبیوتیک | 6 | 3 | 33 | 58 | 15 |
| | 12 | 7 | 1 | 80 | 16 |
| | 11/30 | 6/50 | 4/67 | 77/53 | 17 |
| | 10/80 | 5/40 | 9/67 | 74/13 | 18 |
| | 8/80 | 4/40 | 19/67 | 67/13 | 19 |
| | 6 | 3 | 33 | 58 | 20 |

اندازه‌گیری pH

اندازه‌گیری pH طبق استاندارد ملی ایران به شماره 2852 (سازمان ملی استاندارد ایران [ISIRI], 1385) و با استفاده از pH متر متروم (مدل 691، ساخت سوئیس) انجام گرفت.

مقدار است. در چنین حالتی هدف از خوشه‌بندی، نسبت‌دادن برجسب‌هایی به اشیاء است که نشان‌دهنده عضویت هر شیء به خوشه است (مومنی، 1385). لذا به‌منظور درک صحیح از شرایط تولید صنعتی در تحقیق‌ها لازم است تحلیلی از اثر تمام تیمارهای تولید وجود داشته باشد. از این‌رو، در این تحقیق با توجه به اهمیت تولید ماست چکیده با ویژگی‌های فیزیکیوشیمیایی و بافتی مناسب اثر نوع استارتر (پروبیوتیکی و غیرپروبیوتیکی)، شیر، خامه، پودر آب‌پنیر و کنسانتره پروتئینی شیر بر اسیدیته، pH، ویسکوزیته و ویژگی‌های حسی (امتیاز طعم و مزه، امتیاز رنگ، امتیاز بافت و پذیرش کلی) ماست چکیده با استفاده از طرح آزمایشی مخلوط موردارزیابی قرار گرفت و سپس برای درک بهتر تیمارهای تولید (فرمول‌های مختلف ماست چکیده) با استفاده از خوشه‌بندی دو مرحله‌ای، خوشه‌بندی‌شده و موردتحلیل قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها

انتخاب مواد اولیه

شیر مورداستفاده در این تحقیق (1/5 درصد چربی و 9 درصد ماده خشک) از بازار محلی و استارتر CH و Y-380 (freez-dried DVS) و استارترهای خالص پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس¹ DSM20079 و بیفیدوباکتریوم² با کد BB12 و نام تجاری *B.animalic* (Chr. Hansen، ساخت دانمارک) تهیه شدند. خامه (30 درصد چربی) از شرکت پگاه مشهد، پودر آب‌پنیر (95 درصد ماده خشک) از شرکت پالود پارسیان نیشابور و کنسانتره پروتئینی شیر (85 درصد پروتئین) از شرکت میلینی (ساخت آلمان) تهیه شدند.

روش تهیه ماست چکیده

به‌منظور تهیه نمونه‌های ماست چکیده؛ خامه، پودر آب‌پنیر و کنسانتره پروتئینی شیر به نسبت‌های مطابق طرح آزمایشی (جدول 1) به شیر اضافه شدند به طوری که ماده خشک نهایی تمام نمونه‌ها 25 درصد ثابت بود. سپس نمونه‌ها در دمای 50 درجه سانتی‌گراد هم‌وزن گردیده و به مدت 30 دقیقه در دمای 85 درجه سانتی‌گراد پاستوریزه سپس تا دمای 43-45 درجه سانتی‌گراد سرد

¹ *Lactobacillus acidophilus*

² *Bifidobacterium*

خطی، درجه دوم و متقابل ضرایب مدل رگرسیون برای هر پاسخ در سطوح 0/05، 0/01 و 0/001 بررسی شد.

خوشه‌بندی دو مرحله‌ای تیمارها

خوشه‌بندی دو مرحله‌ای هم برای متغیرهای پیوسته (کمی) و هم برای متغیرهای طبقه‌بندی شده (کیفی) به کار می‌رود. در این روش، در گام اول، که به مرحله پیش‌خوشه معروف است، مشاهده‌ها به چندین خرده‌خوشه بسیار کوچک تبدیل می‌شود؛ سپس، در گام دوم، این خرده‌خوشه‌ها به تعداد خوشه مطلوب طبقه‌بندی می‌شوند. یکی از مزیت‌های این روش این است که اگر تعداد خوشه‌های مطلوب برای انسان ناشناخته است و نمی‌داند چه تعداد خوشه برای انسان مطلوب است، خود روش خوشه‌بندی دو مرحله‌ای به‌طور خودکار تعداد مناسب و مطلوب این خوشه‌ها را پیدا می‌کند (مومنی، 1385). با استفاده از این روش، می‌توان طوری داده‌ها را گروه‌بندی نمود که رکوردهای داخل هر گروه مشابه هم باشند. بنابراین به‌طور کلی خوشه‌بندی دو مرحله‌ای صحیح‌ترین شناسایی را از خوشه‌ها ارائه می‌دهد. لازم به ذکر است که در این روش، ابتدا در مرحله اول، هر پاسخگو به‌عنوان یک خوشه قلمداد می‌شود. سپس در مرحله دوم، با استفاده از روش خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی استاندارد، پاسخگویان در این خوشه‌هایی که از قبل مشخص شدند، طبقه‌بندی می‌شوند (جمشیدی، مشتاقی و عباس‌والی، 1397). در این پژوهش نیز با استفاده از نرم‌افزار SPSS (IBM SPSS Statistics 22) تیمارهای پژوهش خوشه‌بندی شد و نمودار نیم‌رخ² و نمودار تأثیر متغیرها در خوشه‌بندی آنها مورد ارزیابی قرار گرفت.

نتایج و بحث

اسیدیته و pH

نتایج تحقیق نشان داد که اسیدیته و pH نمونه‌های مورد آزمون به ترتیب بین 1/10 و 1/45 درصد اسید لاکتیک و 4/37 تا 4/68 متغیر بودند. جدول (2) نیز مدل‌های چندجمله‌ای درجه یک (بهترین برازش) را بر داده‌های پاسخ‌های اسیدیته و pH نمونه‌های حاوی و فاقد باکتری‌های پروبیوتیک را نشان می‌دهد.

اندازه‌گیری اسیدیته

اسیدیته نمونه‌ها طبق استاندارد ملی ایران به شماره 2852 اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری ویسکوزیته

ویسکوزیته نمونه‌ها توسط ویسکومتر بروکفیلد (مدل DV-II pro، ساخت آمریکا) توسط اسپندل شماره 5 در 3 دور بر دقیقه به مدت 30 ثانیه و در دمای ثابت 5 درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شدند (Akın, Akın, & Kırmacı, 2007).

ارزیابی حسی

ارزیابی حسی نمونه‌های ماست چکیده با استفاده از آزمون چشایی به روش هدونیک به‌صورت آزمون 5 نقطه‌ای (از خیلی بد: 1، تا خیلی خوب: 5) در دمای 7 درجه سانتی‌گراد و از نظر ویژگی‌های ارگانولپتیکی طعم و مزه، رنگ، بافت و پذیرش کلی توسط 10 نفر که همگی کارشناسان مهندسی صنایع غذایی نیز بودند، مورد ارزیابی قرار گرفتند (Walstra, 1999).

طراحی آزمایش و آنالیز آماری

در این تحقیق، طرح مخلوط اپتیمال¹ به‌منظور مشاهده تأثیرات 4 متغیر کمی شیر (X_1)، خامه (X_2)، پودر آب‌پنیر (X_3) و کنسانتره پروتئینی شیر (X_4) و یک متغیر کیفی (نوع استارتر) (X_5) بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی ماست چکیده به‌کارگرفته شد. در طرح آزمایش مخلوط، میزان کل ترکیبات ثابت نگه‌داشته می‌شود (100 درصد) و با تغییر در نسبت ترکیبات ویژگی‌های مورد ارزیابی تغییر می‌کند. از این‌رو، هدف این روش مشخص کردن چگونگی تغییر ویژگی‌های مورد نظر با تغییر ترکیب در مخلوط است (Nardi, Acchar, & Hotza, 2004). ترکیب چندگانه از این متغیرها با در نظر گرفتن نسبت ترکیبات منجر به یک طرح آزمایشی با 20 تیمار گردید (جدول 1). برای طراحی آزمایش و تجزیه و تحلیل نتایج، از نرم‌افزار Design Expert (نسخه 12) استفاده شد. به این منظور از معادله‌های مناسب برای نشان دادن رابطه هریک از متغیرهای وابسته در مدل رگرسیون با متغیرهای مستقل استفاده شد. همچنین با استفاده از آنالیز واریانس (ANOVA) معنی‌دار بودن اثرات

² Silhouetteplot

¹ Optimal mixture design

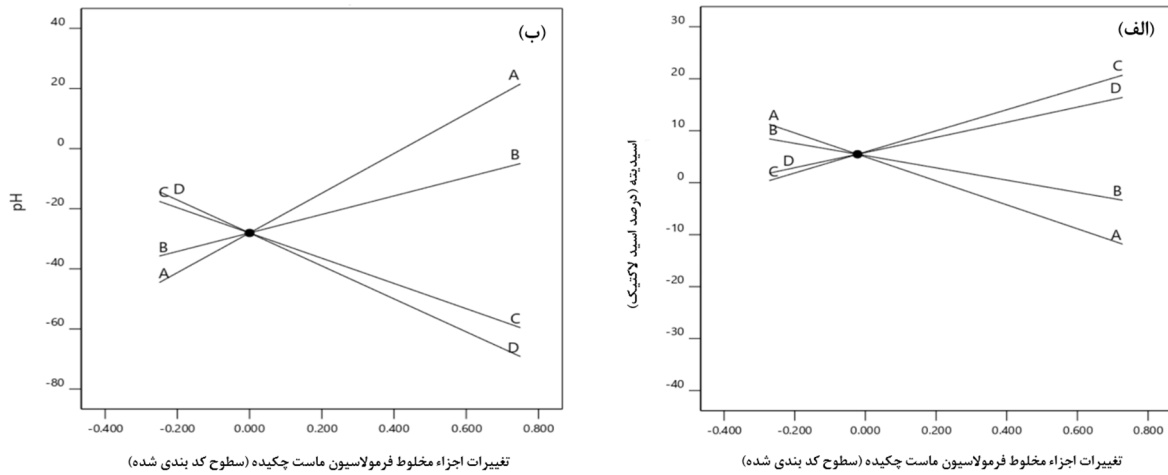
جدول 2- معادله‌های به دست آمده برای پیش‌بینی اسیدیته و pH نمونه‌های حاوی و فاقد باکتری‌های پروبیوتیک

| نام متغیر | نوع نمونه | معادله | F Value | p-value Prob>F | ضریب تبیین | ضریب تغییرات | عدم برآزش |
|-----------|---------------------------|--|---------|----------------|------------|--------------|-----------|
| pH | فاقد باکتری‌های پروبیوتیک | $pH=+0.0094\text{Milk}+0.0713\text{Milk cream}+0.1287\text{WP}+0.225\text{MPC}$ | 7/50 | 0/0018 | 0/82 | 1/05 | n.s |
| اسیدیته | پروبیوتیک | $\text{Acidity}=+0.089\text{Milk}-0.036\text{Milk cream}-0.189\text{WP}-0.352\text{MPC}$ | 20/7 | 0/0001 | 0/92 | 3/00 | n.s |
| pH | حاوی باکتری‌های پروبیوتیک | $pH=+0.214\text{Milk}-0.049\text{Milk cream}-0.0595\text{WP}-0.0691\text{MPC}$ | 7/50 | 0/0018 | 0/82 | 1/05 | n.s |
| اسیدیته | پروبیوتیک | $\text{Acidity}=-0.044\text{Milk}+0.040\text{Milk cream}+0.280\text{WP}+0.237\text{MPC}$ | 20/7 | 0/0001 | 0/92 | 3/00 | n.s |

همچنین، مظاهری تهرانی، مهدیان و کاراژیان (1385) نشان دادند که افزایش میزان چربی تا حد 1/5 درصد تأثیری بر روند کاهش pH ندارد در حالی که در نمونه با 3 درصد چربی کاهش pH در حین تخمیر با شیب کمتری صورت می‌گیرد. Bonczar, Wszolek, Siuta و (2002) در بررسی ماست تهیه شده از شیر میش مشاهده کردند که نوع استارتر روی خصوصیات نظیر pH، اسیدیته، میزان دی‌استیل، استالدهید و اسید چرب آزاد و همچنین خصوصیات حسی مؤثر است، در حالی که تأثیر مشخص چربی شیر فقط در مورد میزان اسیدهای چرب آزاد مشخص و قابل مشاهده می‌باشد. همچنین همان‌طور که بیان شد افزایش پودر آب‌پنیر و کنسانتره پروتئینی شیر منجر به کاهش اسیدیته نمونه‌ها گردید. Tamime و Robinson (1999) بیان کردند که بخش ازته آب‌پنیر با تحریک فعالیت باکتری‌های آغازگر سرعت اسیدسازی را طی تخمیر افزایش می‌دهد، علت این پدیده در دسترس قرار گرفتن مقادیر بیشتر اسیدهای آمینه و پپتیدهای با وزن مولکولی پایین است. با این حال Baig و Prasad (1996) ملاحظه کردند که افزودن مواد جامد آب‌پنیر با آنکه موجب تحریک و رشد باکتری‌های آغازگر می‌شود ولی از تعداد باکتری‌ها می‌کاهد. از عوامل دیگر تغییرات اسیدیته و pH نمونه‌ها با تغییرات فرمولاسیون می‌توان به ظرفیت بافری ماست اشاره کرد. ظرفیت بافری ماست گسترش اسیدیته و pH را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بدین ترتیب که هرچه شاخص یادشده بالاتر باشد، pH فرآورده دیرتر افت می‌کند اما اسیدیته با شدت بیشتر افزایش می‌یابد که البته این ظرفیت بافری به مقدار پروتئین‌ها به‌ویژه کازئین، نمک‌های فسفات، لاکتات و سیترات موجود در شیر بستگی دارد (Tamime, Kalab, & Davies, 1989).

نتایج بررسی مدل‌های منتخب جدول (2) نشان داد که اثرات خطی تیمارهای مخلوط (شیر، خامه، پودر آب‌پنیر و کنسانتره پروتئینی) در سطح 99 درصد روی هر دو پاسخ اسیدیته و pH نمونه‌های حاوی و فاقد باکتری‌های پروبیوتیک معنی‌دار بودند. همچنین مطابق بررسی‌ها نوع استارتر هیچ‌گونه اثر معنی‌داری بر اسیدیته و pH نمونه‌ها نداشت. شکل‌های (1-الف و ب) تأثیر افزودن شیر، خامه، پودر آب‌پنیر و کنسانتره پروتئینی شیر را به ترتیب بر اسیدیته و pH نمونه‌های ماست چکیده پروبیوتیکی را با توجه به معادله‌های جدول (2) نشان می‌دهند. همان‌طور که در شکل (1-الف) قابل مشاهده است افزایش شیر و خامه منجر به کاهش اسیدیته و افزایش پودر آب‌پنیر و کنسانتره پروتئینی شیر منجر به افزایش اسیدیته نمونه‌ها گردیده است. شکل (1-ب) نیز به‌طور دقیق رابطه متقابل با شکل (1-الف) را نشان می‌دهد به طوری که افزایش شیر و خامه منجر به افزایش pH و افزایش پودر آب‌پنیر و کنسانتره پروتئینی شیر منجر به کاهش pH نمونه‌ها گردیده است.

Schnurer و Magnusson (2005) بیان کردند که در طول زمان تولید ماست، باکتری‌های ماست اسیدهای آلی تولید می‌کنند و در طول تخمیر وقتی که میزان اسید لاکتیک افزایش می‌یابد، در مقابل و به همان نسبت سطح pH کاهش می‌یابد. می‌توان گفت که میزان چربی با تأثیر بر فعالیت آغازگرها برای رسیدن به pH مشخص محصول نهایی، در زمان تخمیر مؤثر است. از این رو، در درصدهای بالای چربی برای دستیابی به pH مطلوب بایستی زمان تخمیر را افزایش داد. Abu-Jdayil و Jumah, Shaker (2000) در بررسی تأثیر میزان چربی شیر بر روند کاهش pH در حین تخمیر ماست، به این نتیجه رسیدند که با افزایش درصد چربی، pH اولیه نمونه‌ها افزایش یافت.



شکل 1- تأثیر افزودن شیر (A)، خامه (B)، پودر آب پنیر (C) و کنسانتره پروتئینی شیر (D) بر الف: اسیدیته، ب: pH نمونه‌های ماست چکیده پروبیوتیکی

برازش) را بر داده‌های پاسخ ویسکوزیته نمونه‌های حاوی و فاقد باکتری‌های پروبیوتیک را نشان می‌دهد. نتایج بررسی مدل‌های منتخب **جدول (3)** نشان داد که اثرات خطی تیمارهای مخلوط (شیر، خامه، پودر آب پنیر و کنسانتره پروتئینی شیر) در سطح 99 درصد بر ویسکوزیته نمونه‌های حاوی و فاقد باکتری‌های پروبیوتیک معنی‌دار بودند. همچنین مطابق بررسی‌ها اثر متقابل نوع استارتر-پودر آب پنیر در سطح 95 درصد نیز ویسکوزیته نمونه‌ها معنی‌دار بود. **شکل (2)** تأثیر افزودن شیر، خامه، پودر آب پنیر و کنسانتره پروتئینی شیر بر ویسکوزیته نمونه‌های ماست چکیده غیر پروبیوتیکی را با توجه به معادله مربوط به **جدول (3)** نشان می‌دهد.

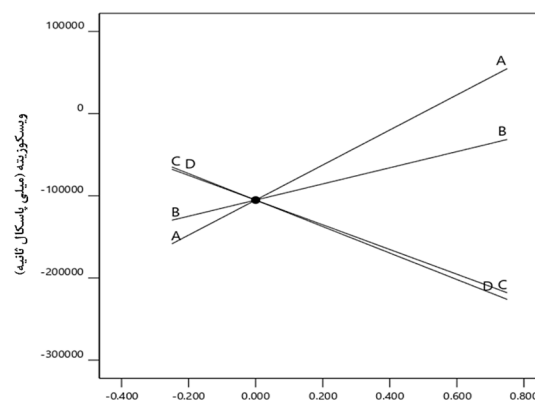
ویسکوزیته
از آنجایی که ترکیب شیمیایی شیر خصوصاً میزان ماده جامد کل، پروتئین و چربی تأثیر عمده‌ای بر ویژگی‌های رئولوژیکی از جمله ویسکوزیته لخته دارند (Jumah, Abu-Jdayil, & Shaker, 2001) و ویسکوزیته عامل بسیار مهمی در مطلوبیت و در نتیجه بازاریابی فرآورده‌های شیری از جمله ماست می‌باشد (Mohameed, Abu-Jdayil, & Al-Shawabkeh, 2004)، لذا اثر نوع استارتر و فرمولاسیون بر ویسکوزیته نمونه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تحقیق نشان داد که ویسکوزیته نمونه‌های مورد آزمون بین 135 و 1631 میلی‌پاسکال ثانیه متغیر بودند. **جدول (3)** نیز مدل‌های چند جمله‌ای درجه یک (بهترین

جدول 3- معادله‌های به دست آمده برای پیش‌بینی ویسکوزیته نمونه‌های حاوی و فاقد باکتری‌های پروبیوتیک

| نام متغیر | نوع نمونه | معادله | F Value | p-value Prob>F | ضریب تبیین | ضریب تغییرات | عدم برازش |
|-----------|---------------------------|---|---------|----------------|------------|--------------|-----------|
| ویسکوزیته | فاقد باکتری‌های پروبیوتیک | Viscosity=548.031Milk-314.543Milk cream-2179.75WP-2260.948MPC | 10/87 | 0/0002 | 0/86 | 30/42 | n.s |
| | حاوی باکتری‌های پروبیوتیک | Viscosity=-4422.94Milk+252.6273Milk cream+2112.6478WP+1757.884MPC | | | | | |

نمونه‌ها شد که می‌تواند به دلیل افزایش نسبت پروتئین‌های سرمی به کازئین، افزایش بیش از حد املاح و بهم‌خوردن تعادل الکترولیت‌ها، عدم تشکیل شبکه ژلی مستحکم، منظم و کاهش هیدراتاسیون پروتئین‌ها باشد (طاهری، 1384). Kashaninejad و همکاران (2019) نیز نشان دادند که افزایش کنسانتره پروتئینی شیر در مقادیر بالای صمغ منجر به کاهش ضریب قوام (ویسکوزیته) ماست چکیده تهیه‌شده به روش فرایند بدون آب‌گیری شد. کاکویی، احسانی و مظلومی (1386) گزارش دادند که با افزایش مقدار کنسانتره پروتئینی آب‌پنیر تا غلظت 1/5 درصد، قوام (ویسکوزیته) ماست، افزایش یافت ولی با افزایش بیشتر کنسانتره پروتئینی آب‌پنیر تا 2 درصد، ویسکوزیته نمونه‌ها افت کرد. همچنین اثر متقابل نوع استارتر-پودر آب‌پنیر نیز ویسکوزیته نمونه‌ها معنی‌دار بود. Jumah و همکاران (2001) بیان کردند که ترکیب کشت آغازگر اثر مشخصی روی ویسکوزیته ماست طی فرایند تشکیل لخته دارد. اما مکانیسم این عمل هنوز به‌طور شفاف مشخص نشده است. این اثر می‌تواند به‌خاطر خصوصیات متفاوت ژل، غلظت‌های مختلف پلی‌ساکارید و باندهای مختلف بین پروتئین و پلی‌ساکارید باشد.

Bonczar و همکاران (2002) بیان کردند که لاکتوباسیلوس بولگاریکوس¹، اگزوپلی ساکارید بیشتری در مقایسه با استرپتوکوکوس ترموفیلوس و لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس و گونه‌های بیفیدوباکتریوم تولید می‌کند لذا ماست معمولی نسبت به ماست پروبیوتیک دارای سفتی و چسبندگی بیشتری می‌باشد. مطابق نظریه Tamime و Robinson (1999)، یکی از عواملی که بر ویسکوزیته، سفتی و بافت محصولات تخمیری شیر اثر می‌گذارد، توانایی میکروارگانیسم‌ها در تولید پلی‌ساکارید خارج سلولی از لاکتوز موجود در شیر است. Hardi و Slacanac (2000) نیز نشان داد که آغازگرهای تولیدکننده اگزوپلی ساکارید، ویسکوزیته ماست را افزایش داده است، درحالی‌که آب‌اندازی را کاهش می‌دهند. Jaros (2002) نیز بیان کردند که نمونه‌های تهیه‌شده با آغازگرهای تولیدکننده پلی‌ساکارید، ویژگی‌های بافتی بهتری دارند در صورتی‌که نمونه‌های تهیه‌شده با آغازگرهای غیرتولیدکننده اگزوپلی ساکارید، بافت ضعیف، دانه‌دانه و شکننده دارند.



تغییرات اجزاء مخلوط فرمولاسیون ماست چکیده (سطوح کد بندی شده)

شکل 2- تأثیر افزودن شیر (A)، خامه (B)، پودر آب‌پنیر (C) و کنسانتره پروتئینی شیر (D) بر ویسکوزیته نمونه‌های ماست چکیده غیر پروبیوتیکی

همان‌طور که در شکل (2) قابل مشاهده است افزایش شیر و خامه منجر به افزایش ویسکوزیته و افزایش پودر آب‌پنیر و کنسانتره پروتئینی شیر منجر به کاهش ویسکوزیته نمونه‌ها گردیده است. بافت اندازه‌گیری‌شده در ماست از جمله ویسکوزیته وابسته به عوامل مختلف از جمله محتوای کازئین شیر، مقدار چربی، تیمار حرارتی، نوع کشت، دمای گرم‌خانه‌گذاری، درجه حرارت نمونه در زمان اندازه‌گیری بافت می‌باشد (Walstra, 1999). میسل‌های کازئین و گلبول‌های چربی نقش اصلی را در ویسکوزیته شیر دارند و هرگونه تغییر در مقدار و ماهیت فیزیکی پروتئین‌ها و چربی‌ها باعث تغییر در ویسکوزیته می‌شود. به عقیده Großhable, Krzeminski و Hinrichs (2011) پیوندهای اصلی در ژل‌های کازئین و کازئین-پروتئین سرم، سختی ژل را تحت تأثیر قرار می‌دهد و در این زمینه پیوندهای کووالان دارای تأثیر بیشتری بر سختی ژل نسبت به پیوندهای غیر کووالان هستند. Shaker و همکاران (2000) خواص رئولوژیکی ماست با 4 سطح چربی را در حین فرایند تخمیر مورد مطالعه قرار داده و به این نتیجه رسیدند که افزایش چربی شیر باعث افزایش ویسکوزیته و کاهش قدرت تولید اسید توسط باکتری‌های آغازگر می‌شود. Lopez و Palmer, Labropoulos (1981) نیز بیان کردند که افزایش چربی باعث افزایش سفتی محصول و کاهش آب‌اندازی آن می‌شود. Tamime و همکاران (1989) نشان دادند که افزایش ویسکوزیته با افزایش چربی می‌تواند به‌خاطر افزایش سفتی ژل ماست باشد. همچنین مطابق بررسی‌های تحقیق افزایش پودر آب‌پنیر و کنسانتره پروتئینی شیر سبب کاهش ویسکوزیته

¹ *Lactobacillus Bulgaricus*

جدول 4- معادله‌های به‌دست‌آمده برای پیش‌بینی امتیاز بافت و رنگ نمونه‌های حاوی و فاقد باکتری‌های پروبیوتیک

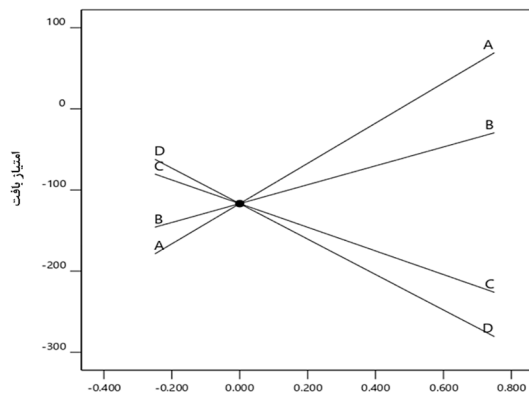
| نام متغیر | نوع نمونه | معادله | F Value | p-value Prob>F | ضریب تبیین | ضریب تغییرات | عدم برازش |
|-------------|-----------------|---|---------|----------------|------------|--------------|-----------|
| امتیاز بافت | فاقد باکتری‌های | Texture =0.692Milk-0.294Milk cream-0.2261WP-0.2806MPC | 17/99 | 0/0001 | 0/93 | 1/22 | n.s |
| امتیاز رنگ | پروبیوتیک | Colour =0.323Milk-0.1262Milk cream-0.1064WP-0.1077MPC | 9/20 | 0/0005 | 0/84 | 2/21 | n.s |
| امتیاز بافت | حاوی باکتری‌های | Texture =0.077Milk+0.035Milk cream-0.296WP+0.043MPC | 17/99 | 0/0001 | 0/93 | 1/22 | n.s |
| امتیاز رنگ | پروبیوتیک | Colour =0.419Milk-0.180Milk cream-0.1403WP-0.1502MPC | 9/20 | 0/0005 | 0/84 | 2/21 | n.s |

امتیاز بافت و رنگ

نتایج تحقیق نشان داد که امتیاز بافت و رنگ نمونه‌های مورد آزمون به ترتیب بین 4/46 تا 5/00 و 4/32 تا 4/99 متغیر بودند. جدول (4) نیز مدل‌های چندجمله‌ای درجه یک (بهترین برازش) را بر داده‌های پاسخ‌های امتیاز بافت و رنگ نمونه‌های حاوی و فاقد باکتری‌های پروبیوتیک را نشان می‌دهد.

نتایج بررسی مدل‌های منتخب جدول (4) نشان داد که اثرات خطی تیمارهای مخلوط (شیر، خامه، پودر آب‌پنیر و کنسانتره پروتئینی شیر) در سطح 99 درصد روی هر دو پاسخ امتیاز بافت و رنگ نمونه‌های حاوی و فاقد باکتری‌های پروبیوتیک معنی‌دار بودند. همچنین مطابق بررسی‌ها اثر متقابل نوع استارتر-پودر آب‌پنیر بر امتیاز بافت نمونه‌ها معنی‌دار بود. در حالی که نوع استارتر هیچ‌گونه اثر معنی‌داری بر امتیاز رنگ نمونه‌ها نداشت. شکل (3) تأثیر افزودن شیر، خامه، پودر آب‌پنیر و کنسانتره پروتئینی شیر بر امتیاز بافت نمونه‌های ماست چکیده غیر پروبیوتیکی را با توجه به معادله مربوط به جدول (4) نشان می‌دهد.

همان‌طور که در شکل (3) قابل مشاهده است افزایش شیر و خامه منجر به افزایش امتیاز بافت و افزایش پودر آب‌پنیر و کنسانتره پروتئینی شیر منجر به کاهش امتیاز بافت نمونه‌ها گردیده است. همچنین مطابق نتایج تحقیق تغییرات امتیاز رنگ نیز به‌طور دقیق مشابه تغییرات امتیاز بافت بود به‌طوری‌که افزایش شیر و خامه منجر به افزایش امتیاز رنگ و افزایش پودر آب‌پنیر و کنسانتره پروتئینی شیر منجر به کاهش امتیاز رنگ نمونه‌ها گردید.



تغییرات اجزاء مخلوط فرمولاسیون ماست چکیده (سطوح کد بندی شده)

شکل 3- تأثیر افزودن شیر (A)، خامه (B)، پودر آب‌پنیر (C) و کنسانتره پروتئینی شیر (D) بر امتیاز بافت نمونه‌های ماست چکیده غیر پروبیوتیکی

Walstra (1999) بیان کرد که کازئین شیر، مقدار چربی و نوع کشت، از عوامل مؤثر بر بافت ماست هستند. بنابراین داوران حسی این پژوهش بافت و رنگ نمونه‌های با چربی بیشتر و پودر آب‌پنیر و کنسانتره پروتئینی کمتر را ترجیح دادند. کاهش امتیاز رنگ ناشی از افزایش پودر آب‌پنیر و کنسانتره پروتئینی شیر در نمونه‌ها نیز می‌تواند به علت افزایش میزان رنگ نامناسب (رنگ جزئی سبز) در محصول ناشی از رنگ آنها دانست. ضمن اینکه باید توجه داشت که اکثر مصرف‌کنندگان رنگ سفید ماست را ترجیح می‌دهند و امتیازهایی که داوران به نمونه‌ها دادند، بر همین مبنا بوده است. Singh و Munro، Lucey (1998) نیز نشان دادند که افزایش پروتئین‌های سرم در ماست منجر به ایجاد بافت دانه‌ای و کاهش کیفیت بافت در آن می‌شود. جمشیدی و همکاران (1397) نیز در بررسی اثر افزودن پودر آب‌پنیر بر ویژگی‌های حسی ماست نشان

فاقد باکتری‌های پروبیوتیک را نشان می‌دهد. نتایج بررسی مدل‌های منتخب **جدول (5)** نشان داد که اثرات خطی تیمارهای مخلوط (شیر، خامه، پودر آب‌پنیر و کنسانتره پروتئینی شیر) در سطح 99 درصد روی هر دو پاسخ امتیاز طعم و پذیرش کلی نمونه‌های حاوی و فاقد باکتری‌های پروبیوتیک معنی‌دار بودند. همچنین مطابق بررسی‌ها نوع استارتر هیچ‌گونه اثر معنی‌داری بر امتیاز طعم و پذیرش کلی نمونه‌ها نداشت. **شکل (4-الف و ب)** تأثیر افزودن شیر، خامه، پودر آب‌پنیر و کنسانتره پروتئینی شیر را به ترتیب بر امتیاز طعم و پذیرش کلی نمونه‌های ماست چکیده غیرپروبیوتیکی را باتوجه به معادله‌های **جدول (5)** نشان می‌دهند.

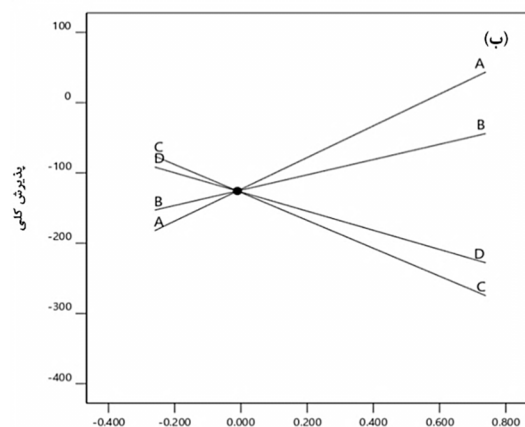
دادند که افزایش بیش از 1 درصد پودر آب‌پنیر در نمونه‌های ماست سبب کاهش امتیاز رنگ و ظاهر گردید. Bonczar و همکاران (2002) درزمینه تأثیر نوع باکتری آغازگر روی خصوصیات کلی ماست تهیه‌شده از شیر میش، مشاهده کردند که نوع استارتر روی خصوصیات حسی ازجمله سفتی مؤثر است.

امتیاز طعم و پذیرش کلی

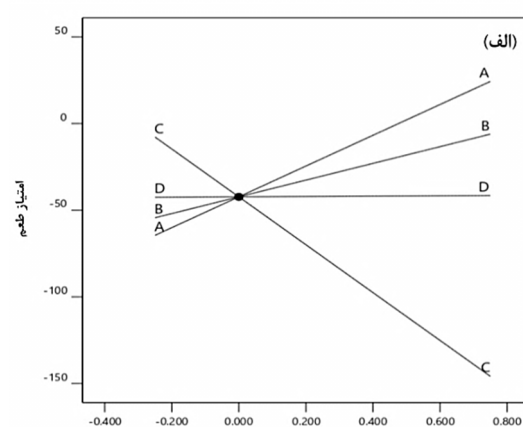
نتایج تحقیق نشان داد که امتیاز طعم و پذیرش کلی نمونه‌های مورد آزمون به ترتیب بین 3/2 تا 4/98 و 3/85 تا 4/99 متغیر بودند. **جدول (5)** نیز مدل‌های چندجمله‌ای درجه یک (بهترین برازش) را بر داده‌های پاسخ‌های امتیاز طعم و پذیرش کلی نمونه‌های حاوی و

جدول 5- معادله‌های به دست آمده برای پیش‌بینی امتیاز طعم و پذیرش کلی نمونه‌های حاوی و فاقد باکتری‌های پروبیوتیک

| نام متغیر | نوع نمونه | معادله | F Value | p-value Prob>F | ضریب تبیین | ضریب تغییرات | عدم برازش |
|------------------|----------------------|---|---------|----------------|------------|--------------|-----------|
| امتیاز طعم | فاقد | Flavour = 0.044Milk+0.056Milk cream-0.586WP+0.333MPC | 14/51 | 0/0001 | 0/89 | 4/80 | n.s |
| امتیاز پذیرش کلی | باکتری‌های پروبیوتیک | Overall acceptance=0.606Milk-0.270Milk cream-2.575WP-2.108MPC | 8/19 | 0/000118 | 0/85 | 4/34 | n.s |
| امتیاز طعم | حاوی | Flavour = 0.044Milk+0.056Milk cream-0.586WP+0.333MPC | 14/51 | 0/0001 | 0/89 | 4/80 | n.s |
| امتیاز پذیرش کلی | باکتری‌های پروبیوتیک | Overall acceptance=0.606Milk-0.270Milk cream-2.575WP-2.108MPC | 8/19 | 0/000118 | 0/85 | 4/34 | n.s |



تغییرات اجزاء مخلوط فرمولاسیون ماست چکیده (سطوح کد بندی شده)



تغییرات اجزاء مخلوط فرمولاسیون ماست چکیده (سطوح کد بندی شده)

شکل 4- تأثیر افزودن شیر (A)، خامه (B)، پودر آب‌پنیر (C) و کنسانتره پروتئینی شیر (D) بر الف: امتیاز طعم ب: پذیرش کلی نمونه‌های ماست چکیده غیرپروبیوتیکی

نوع استارتر و فرمولاسیون بر ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی و حسی ماست چکیده به‌کاربرد تا اثرات نوع استارتر و فرمولاسیون را توصیف کند. سپس از اطلاعات حاصل از گروه‌بندی مشاهده‌ها در این متغیرها، برای درک بهتر فرمول‌های مختلف ماست چکیده با ویژگی‌های مد نظر و در نتیجه تحلیل فرمولاسیون مطلوب استفاده نمود. نتایج حاصل از خوشه‌بندی دو مرحله‌ای تیمارها، داده‌های این پژوهش را به دو خوشه مجزا تقسیم کرد. **جدول (6)** توزیع فراوانی خوشه‌های 20 تیمار ماست چکیده (**جدول 1**) را نشان می‌دهد.

جدول 6- توزیع و فراوانی خوشه‌های 20 تیمار ماست چکیده

| نوع استارتر | | | | |
|---------------------------|------|---------------------------|------|---------------|
| حاوی باکتری‌های پروبیوتیک | | فاقد باکتری‌های پروبیوتیک | | |
| تعداد تیمار | درصد | تعداد تیمار | درصد | |
| 4 | 40 | 4 | 40 | خوشه 1 |
| 6 | 60 | 6 | 60 | خوشه 2 |
| 10 | 100 | 10 | 100 | مجموع خوشه‌ها |

براساس **جدول (6)**، تمامی 20 تیمار انجام‌شده وارد تحلیل خوشه شده و در نتیجه در همدیگر ادغام شدند. بنابراین، هیچ تیماری از تحلیل خارج نمانده است (داده پرت وجود نداشته است). همچنین همان‌طور که در **جدول (6)** مشاهده می‌شود از بین 20 تیمار، 8 تیمار (40 درصد) در خوشه اول و 12 تیمار (60 درصد) در خوشه دوم قرار گرفتند. شکل (5) نیز نمودار نیم‌رخ خوشه‌بندی داده‌ها که بر پایه ماتریس فاصله (عدم تشابه) بنا نهاده شده است را به‌منظور بیان کیفیت خوشه‌بندی نشان می‌دهد (Rousseeuw, 1987).



شکل 5- نمودار نیم‌رخ خوشه‌بندی داده‌ها

ضریب نیم‌رخ ابزاری برای کیفیت خوشه‌بندی است و برای محاسبه شاخص نیم‌رخ برای شیء i ابتدا متوسط فاصله شیء i با تمام اشیاء خوشه A را با $a(I_i, c)$ نشان می‌دهد. سپس میانگین فاصله شیء i با تمام اشیاء خوشه

همان‌طور که در **شکل (4)** قابل مشاهده است افزایش شیر و خامه منجر به افزایش امتیاز طعم و افزایش پودر آب‌پنیر منجر به کاهش امتیاز طعم نمونه‌ها می‌گردد، این در حالی است که تغییرات کنسانتره پروتئینی شیر اثر چندانی بر امتیاز طعم نمونه‌ها ندارد. همچنین مطابق **شکل (4-ب)** با افزایش میزان شیر و خامه پذیرش کلی نمونه‌ها افزایش می‌یابد و افزایش پودر آب‌پنیر و کنسانتره پروتئینی شیر نیز منجر به کاهش پذیرش کلی نمونه‌ها گردیده است. کاهش امتیاز طعم با افزایش نسبت پودر آب‌پنیر می‌تواند به دلیل افزایش مقدار لاکتوز در این نمونه‌ها باشد، به طوری که مقدار لاکتوز بیشتری در این نمونه‌ها در دسترس میکروارگانیسم‌های آغازگر بوده و بنابراین با تولید اسیدهای آلی بیشتر نسبت به سایر نمونه‌ها سبب مزه ترش و اسیدی این نمونه‌ها شدند. علاوه بر این، می‌توان بیان نمود که فعالیت میکروارگانیسم‌ها در این نمونه‌ها بیشتر بوده و بنابراین در کنار تولید اسیدهای آلی، تجزیه جزئی پروتئین‌ها نیز صورت گرفته است و با تولید پپتیدهای تلخ ریزمولکول، سبب افت امتیازهای طعم و پذیرش کلی نمونه‌ها از نظر داوران شدند. Tzia و Koureli, Panagiotidis, Soukoulis (2007) نشان دادند در ماست‌های معمولی نسبت کارژین به پروتئین‌های سرم تا 0/7 می‌تواند منجر به تفاوت معنی‌دار در ویژگی‌های حسی بافت و اساس دهانی شود و افزودن کنسانتره پروتئین آب‌پنیر به ماست، پذیرش کلی نمونه‌ها را کاهش می‌دهد. کاشانی نژاد، قدس روحانی، نجف نجفی و کاشانی نژاد (1398) نیز نشان دادند که در مقادیر کم صمغ با افزایش میزان کنسانتره پروتئینی آب‌پنیر و کاهش پودر آب‌پنیر پذیرش کلی نمونه‌های ماست چکیده تهیه‌شده به روش فرایند بدون آب‌گیری افزایش یافت. جمشیدی و همکاران (1397) بیان کردند که افزایش میزان پودر آب‌پنیر از 1 تا 2 درصد سبب ایجاد کاهش معنی‌دار پذیرش کلی نمونه‌های ماست شد.

خوشه‌بندی دو مرحله‌ای تیمارها

باتوجه به اینکه خوشه‌بندی دو مرحله‌ای هم برای متغیرهای پیوسته (کمی) و هم برای متغیرهای طبقه‌بندی‌شده (کیفی) به‌کار می‌رود (مومنی، 1385) و در این پژوهش نیز از هر دو متغیر کمی و کیفی وجود دارد، لذا این روش را می‌توان برای تحلیل داده‌های اثرات

درجهت مثبت و چه درجهت منفی) بزرگتر از خط عمودی باشد، آن متغیر مهم است. به عبارتی زمانی که مقدار برای یک متغیر مثبت باشد، نشان‌دهنده آن است که میانگین آن متغیر، بزرگتر از مقادیر میانگین خوشه است و برعکس، مقدار منفی مقدار برای یک متغیر نشان می‌دهد که میانگین آن متغیر، از مقادیر میانگین خوشه کوچکتر است (مومنی، 1385).

همان‌طور که در شکل (6) نمودارهای اهمیت برحسب متغیر نمونه‌های ماست چکیده مشاهده می‌شود، امتیاز رنگ و اسیدیته بیشترین نقش را در انجام عملیات خوشه‌بندی داشته است. این در حالی است که نوع استارتر هیچ‌گونه تأثیری در تعیین خوشه‌بندی نداشته است. نتایج آنالیز واریانس نیز عدم معنی‌داری نوع استارتر را بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی ماست چکیده نشان داد. جدول (7) نیز میانگین مقادیر متغیرهای وابسته در هر خوشه را نشان می‌دهد.

جدول 7- میانگین مقادیر متغیرهای وابسته در هر خوشه

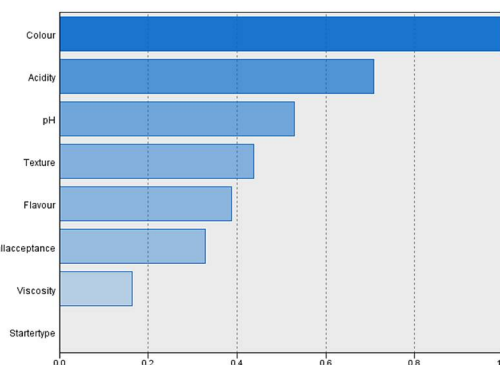
| حجم خوشه | خوشه 1 | | خوشه 2 | |
|------------------|---------|--------------|---------|--------------|
| | میانگین | انحراف معیار | میانگین | انحراف معیار |
| اسیدیته | 118/06 | 5/75 | 136/61 | 6/55 |
| pH | 4/60 | 0/06 | 4/40 | 0/05 |
| ویسکوزیته | 415 | 101/09 | 767/5 | 479 |
| امتیاز طعم و مزه | 4/76 | 0/16 | 4/08 | 0/48 |
| امتیاز رنگ | 4/59 | 0/14 | 4/98 | 0/01 |
| امتیاز بافت | 4/99 | 0/007 | 4/75 | 0/15 |
| پذیرش کلی | 4/87 | 0/08 | 4/39 | 0/38 |

نتایج جدول (7) نیز نشان می‌دهد که در خوشه اول، میانگین pH، امتیاز طعم و مزه، امتیاز بافت و پذیرش کلی نمونه‌ها بالاتر است در حالی که اسیدیته، ویسکوزیته و امتیاز رنگ در خوشه دوم بالاتر است. از طرفی نتایج تحقیق نشان داد که تیمارهای 4، 5، 9، 10، 14، 15، 19 و 20 در خوشه اول و تیمارهای 1، 2، 3، 6، 7، 8، 11، 12، 13، 16، 17 و 18 (جدول 1) در خوشه دوم قرار گرفته‌اند. بنابراین با بررسی تیمارهای هر خوشه و میانگین پاسخ به دست‌آمده می‌توان دریافت که در میان متغیرهای مستقل این پژوهش

C را به صورت $d(I,c)$ تعریف می‌کند. پس از محاسبه $d(I,c)$ برای تمام خوشه‌های $C \neq A$ کمترین مقدار آن را به عنوان $b(i)$ در نظر می‌گیرد. سپس شاخص $s(i)$ را از رابطه (1) به دست می‌آورد.

$$S(i) = \frac{b(i) - a(i)}{\text{Max}\{a(i), b(i)\}}$$

با این تعریف‌ها، می‌توان به سادگی نشان داد که $-1 < S(1) < 1$ می‌باشد لذا هر چقدر $s(i)$ به $+1$ نزدیک‌تر باشد، نشان می‌دهد که شیء به خوشه خودش نزدیک‌تر است تا به خوشه همسایه‌اش و بیانگر «خوب بودن طبقه‌بندی» است و زمانی که $s(i)$ نزدیک به -1 باشد به این مفهوم است که فاصله شیء با خوشه خودش زیاد و با خوشه همسایه کم است و گویای «نامناسب بودن طبقه‌بندی» است (حبیب‌پورگتایی و صفری‌شالی، 1394). بنابراین با توجه به شکل (5) نمودار نیم‌رخ خوشه‌بندی داده‌ها که به صورت میله‌هایی افقی نمایش داده شده است می‌توان مشاهده کرد که ضریب نیم‌رخ برای خوشه‌های به دست‌آمده حدود $0/6$ است که نشان‌دهنده خوب بودن طبقه‌بندی و تعیین 2 خوشه از مجموع ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی ماست چکیده می‌باشد. شکل (6) نیز نمودار تأثیر متغیرهای کمی و کیفی را در خوشه‌بندی نمونه‌های ماست چکیده نشان می‌دهد.



شکل 6- نمودار تأثیر متغیرهای کمی و کیفی در خوشه‌بندی نمونه‌های ماست چکیده

در نمودارهای اهمیت برحسب متغیر، متغیرها به صورت نزولی براساس ترتیب اهمیت آنها روی محور Y نشان داده می‌شوند. خطوط عمودی این نمودار، مقادیر بحرانی برای تعیین اهمیت هر متغیر را علامت‌گذاری می‌کنند. بدین معنی که زمانی که مقدار آماره برای یک متغیر (چه

گرفتند. به‌طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد شیر و خامه بر ویژگی‌های مورد ارزیابی کم‌وبیش اثر یکسانی داشتند و منجر به بهبود اکثر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی شدند. در حالی که کنسانتره پروتئینی شیر و آب‌پنیر سبب کاهش بیشتر این ویژگی‌ها شدند. نتایج حاصل از خوشه‌بندی دو مرحله‌ای تیمارها، داده‌های این پژوهش را به دو خوشه مجزا تقسیم کرد، به‌طوری‌که از بین 20 تیمار، 8 تیمار (40 درصد) در خوشه اول و 12 تیمار (60 درصد) در خوشه دوم قرار گرفتند. همچنین ضریب نیم‌رخ برای خوشه‌های به‌دست‌آمده حدود 0/6 بود که نشان‌دهنده خوب بودن طبقه‌بندی و تعیین 2 خوشه از مجموع ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی ماست چکیده بود. نمودارهای اهمیت برحسب متغیر نمونه‌های ماست چکیده نیز نشان داد که امتیاز رنگ و اسیدیته بیشترین نقش را در انجام عملیات خوشه‌بندی داشتند و نوع استارتر هیچ‌گونه تأثیری در تعیین خوشه‌بندی نداشت. لذا به‌طور کلی با بررسی تیمارهای هر خوشه و میانگین پاسخ به‌دست‌آمده مشخص شد که پودر آب‌پنیر و کنسانتره پروتئینی شیر به‌عنوان جایگزین‌های چربی نتوانستند آفت ویژگی‌های ناشی از کاهش چربی را به‌طور کلی جبران کنند و لذا بهتر است جایگزین‌های چربی بهتری در فرمولاسیون ماست چکیده انتخاب شوند.

میانگین میزان خامه (چربی شیر) در خوشه اول بسیار بالاتر از میزان آن در خوشه دوم است در حالی که میانگین سایر متغیرهای مستقل در خوشه اول پایین‌تر است، لذا به‌نظر می‌رسد علی‌رغم استفاده از جایگزین‌های چربی همچون پودر آب‌پنیر و کنسانتره پروتئینی شیر، همچنان امتیاز طعم و مزه، امتیاز بافت و پذیرش کلی در نمونه‌های حاوی چربی بالاتر، بیشتر است که این امر نشان از نقش و اهمیت بالای چربی شیر در فرمولاسیون ماست چکیده دارد و به‌عبارتی این جایگزین‌ها همچنان نتوانسته است آفت ویژگی‌های ناشی از کاهش چربی را به‌طور کلی جبران کنند و لذا بهتر است جایگزین‌های چربی بهتری انتخاب شود که این مسئله بایستی در فرمولاسیون ماست چکیده مورد توجه قرار گیرند.

نتیجه‌گیری

از آنجایی که فرمولاسیون و نوع آغازگر در مشتری‌پسندی ماست‌های چکیده پروبیوتیک بسیار حائز اهمیت هستند، از این‌رو، در این تحقیق اثر نوع استارتر (پروبیوتیکی و غیرپروبیوتیکی)، شیر، خامه، پودر آب‌پنیر و کنسانتره پروتئینی شیر بر اسیدیته، pH، ویسکوزیته و ویژگی‌های حسی (امتیاز طعم و مزه، امتیاز رنگ، امتیاز بافت و پذیرش کلی) ماست چکیده با استفاده از طرح آزمایشی مخلوط مورد ارزیابی قرار گرفت و سپس برای درک بهتر تیمارهای تولید، خوشه‌بندی شده و مورد تحلیل قرار

منابع

- جمشیدی، ل.، مشتاقی، ح.، و عباس‌والی، م. (1397). بررسی تاثیر افزودن پودر آب‌پنیر بر فعالیت آغازگرهای ماست، خواص فیزیکوشیمیایی و حسی ماست تولیدی. *علوم و صنایع غذایی ایران*، 15 (6)، 91-97.
- حبیب‌پورگتایی، ک.، و صفری‌شالی، ر. (1394). راهنمای جامع کاربرد SPSS در تحقیقات پیمایشی (تحلیل داده‌های کمی): انتشارات لویه.
- سازمان ملی استاندارد ایران. (1385). شیر و فرآورده‌های آن - تعیین اسیدیته و pH - روش آزمون. (استاندارد ملی ایران به شماره 2852، چاپ اول)، برگرفته از <http://standard.isiri.gov.ir/StandardView.aspx?Id=34479>
- طاهری، پ. (1384). تولید نوشیدنی پروبیوتیکی با استفاده از کشت آغازگر ماست و لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس در فرآورده‌های شیری. (پایان نامه کارشناسی ارشد منتشر نشده)، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات،
- کاشانی نژاد، م.، قدس روحانی، م.، نجف نجفی، م.، و کاشانی نژاد، م. (1398). ارزیابی و مقایسه خصوصیات ماست چکیده تولید شده به روش فرآیند بدون آب‌گیری با استفاده از تحلیل مولفه اصلی و رگرسیون حداقل مربعات جزئی. *نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران*، 15 (5)، 543-563. doi:<https://doi.org/10.22067/ifstrj.v15i2.74805>

- کاکویی، ح، احسانی، م، و مظلومی، م. (1386). بررسی تغییرات دی استیل و ویژگی های حسی ماست های غنی شده با کنسانتره پروتئینی آب پنیر در جایگزینی شیر خشک. فصلنامه علوم و صنایع غذایی ایران، 4(2)، 31-37.
- مظاهری تهرانی، م، مهدیان، ا، و کاراژیان، ر. (1385). اثر میزان چربی شیر بر رشد و فعالیت باکتری های آغازگر و کیفیت ماست. علوم کشاورزی و منابع طبیعی، 13(6)، 164-173.
- مومنی، م. (1385). خوشه‌بندی داده‌ها (تحلیل خوشه‌ای): انتشارات مولف.
- Akın, M., Akın, M., & Kırmacı, Z. (2007). Effects of inulin and sugar levels on the viability of yogurt and probiotic bacteria and the physical and sensory characteristics in probiotic ice-cream. *Food chemistry*, 104(1), 93-99. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.11.030>
- Baig, M. I., & Prasad, V. (1996). Effect of incorporation of cottage cheese whey solids and Bifidobacterium bifidum in freshly made yogurt. *Journal of dairy research*, 63(3), 467-473. doi:<https://doi.org/10.1017/S0022029900031976>
- Banyakó, J., & Vyletřlová, M. (2009). Determining the source of Bacillus cereus and Bacillus licheniformis isolated from raw milk, pasteurized milk and yoghurt. *Letters in Applied Microbiology*, 48(3), 318-323. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2008.02526.x>
- Bayarri, S., Carbonell, I., Barrios, E. X., & Costell, E. (2011). Impact of sensory differences on consumer acceptability of yoghurt and yoghurt-like products. *International Dairy Journal*, 21(2), 111-118. doi:<https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2010.09.002>
- Bonczar, G., Wszolek, M., & Siuta, A. (2002). The effects of certain factors on the properties of yoghurt made from ewe's milk. *Food chemistry*, 79(1), 85-91. doi:[https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00182-6](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00182-6)
- Fox, P. (2003). The major constituents of milk, in: Dairy processing—Improving quality, G. Smit. In: Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England.
- Habibapourgatabi, K., & Safarishali, R. (2015). *Comprehensive guide to the use of SPSS in survey research (quantitative data analysis)*: Louyeh Publication. (in Persian)
- Hardi, J., & Slacanac, V. (2000). Examination of coagulation kinetics and rheological properties of fermented milk products: influence of starter culture, milk fat content and addition of inulin. *Mljekarstvo: časopis za unaprjeđenje proizvodnje i prerade mlijeka*, 50(3), 217-226 .
- Iranian National Standard Organization. Milk and milk products- Determination of titrable acidity and value pH-Test method. (ISIRI Standard No. 2852, 1st. Edition). Retrieved from <http://standard.isiri.gov.ir/StandardView.aspx?Id=34479> (in Persian)
- Jamshidi, L., Moshtaghi, H., & Abbasvali, M. (2018). Evaluation of whey powder on starter cultures activity, physico-chemical and sensory properties of yoghurt. *Food Science and Technology*, 15(78), 91-101. (in Persian)
- Jaros, C. (2002). Influence of the starter culture on the relationship between dry matter and physical properties of stirred yogurt. *Milchwiss. Milk Sci. Int.*, 57, 447-450 .
- Jumah, R., Abu-Jdayil, B., & Shaker, R. (2001). Effect of type and level of starter culture on the rheological properties of set yogurt during gelation process. *International journal of food properties*, 4(3), 531-544. doi:<https://doi.org/10.1081/JFP-100108654>
- Kakoui, H., Ehsani, M. R., & Mazlumi, M. T. (2007). Survey On Diacetyl Changes and Sensory Characteristics in Yoghurt Fortified with Whey Protein Concentrate Instead of Milk Powder. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 4(1), 31-38. (in Persian)
- Kashaninejad, M., Najaf Najafi, M., Ghods Rohani, M., & Kashaninejad, M. (2019). Optimization of labane (concentrated yogurt) formulation produced by wheyless process using mixture-process variable

- experiments. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(11), e14193. doi:<https://doi.org/10.1111/jfpp.14193>
- Kashaninejad, M., Najafnajafi, M., Qudsrouhani, M., & Kashaninejad, M. (2019). Evaluation and comparison of yogurt characteristics Abstract produced by wheyless process method using principal component analysis and partial least squares regression. *Iranian Journal of Food Science and Industry Research*, 15 (5), 543-563. doi:<https://doi.org/10.22067/ifstrj.v15i2.74805> (in Persian)
- Krzeminski, A., Großhable, K., & Hinrichs, J. (2011). Structural properties of stirred yoghurt as influenced by whey proteins. *LWT-Food Science and Technology*, 44(10), 2134-2140. doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.05.018>
- Labropoulos, A., Palmer, J., & Lopez, A. (1981). Whey protein denaturation of UHT processed milk and its effect on rheology of yogurt. *Journal of texture studies*, 12(3), 365-374. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.1981.tb00545.x>
- Lucey, J., Munro, P., & Singh, H. (1998). Rheological properties and microstructure of acid milk gels as affected by fat content and heat treatment. *Journal of Food Science*, 63(4), 660-664. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1998.tb15807.x>
- Mazaheri tehrani, M., Mahdian, A., & Karazhyan, R. (2006). Effect of milk fat content on growth and activity of initiator bacteria and yogurt quality. *Agricultural Sciences and Natural Resources*, 13(6), 164-173. (in Persian)
- Mohameed, H. A., Abu-Jdayil, B., & Al-Shawabkeh, A. (2004). Effect of solids concentration on the rheology of labneh (concentrated yogurt) produced from sheep milk. *Journal of Food Engineering*, 61(3), 347-352. doi:[https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(03\)00139-0](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(03)00139-0)
- Momeni, M. (2016). *Data Clustering (Cluster Analysis)*: Author Publications. (in Persian)
- Nardi, J., Acchar, W., & Hotza, D. (2004). Enhancing the properties of ceramic products through mixture design and response surface analysis. *Journal of the European Ceramic Society*, 24(2), 375-379. doi:[https://doi.org/10.1016/S0955-2219\(03\)00219-X](https://doi.org/10.1016/S0955-2219(03)00219-X)
- Ozer, B. H., & Robinson, R. K. (1999). The behaviour of starter cultures in concentrated yoghurt (labneh) produced by different techniques. *LWT-Food Science and Technology*, 32(7), 391-395. doi:<https://doi.org/10.1006/fstl.1999.0566>
- Rousseeuw, P. J. (1987). Silhouettes: a graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. *Journal of computational and applied mathematics*, 20, 53-65. doi:[https://doi.org/10.1016/0377-0427\(87\)90125-7](https://doi.org/10.1016/0377-0427(87)90125-7)
- Schnurer, J., & Magnusson, J. (2005). Antifungal lactic acid bacteria as biopreservatives. *Trends in Food Science & Technology*, 16(1-3), 70-78. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2004.02.014>
- Shaker, R., Jumah, R., & Abu-Jdayil, B. (2000). Rheological properties of plain yogurt during coagulation process: impact of fat content and preheat treatment of milk. *Journal of Food Engineering*, 44(3), 175-180. doi:[https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00022-4](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00022-4)
- Soukoulis, C., Panagiotidis, P., Koureli, R., & Tzia, C. (2007). Industrial yogurt manufacture: monitoring of fermentation process and improvement of final product quality. *Journal of dairy science*, 90(6), 2641-2654. doi:<https://doi.org/10.3168/jds.2006-802>
- Surber, G., Mende, S., Jaros, D., & Rohm, H. (2019). Clustering of Streptococcus thermophilus strains to establish a relation between exopolysaccharide characteristics and gel properties of acidified milk. *Foods*, 8(5), 146-. doi:<https://doi.org/10.3390/foods8050146>
- Taheri, P. (2005). *Production of probiotic drinks using yogurt and Lactobacillus acidophilus primers in dairy products*. (Unpublished master thesis,), Islamic Azad University , (in Persian)

- Tamime, A., Kalab, M., & Davies, G. (1989). Rheology and Microstructure of Strained Yoghurt (Labneh) Made From Cow's Milk by Three Different Methods. *Food Structure*, 8(1), 15 .
- Tamime, A., & Robinson, R. (1999). Yoghurt. Science and Technology. Cambridge, UK: Woodhead Publishing Limited England .
- Tomic, N., Dojnov, B., Miocinovic, J., Tomasevic, I., Smigic, N., Djekic, I., & Vujcic, Z. (2017). Enrichment of yoghurt with insoluble dietary fiber from triticale–A sensory perspective. *LWT*, 80, 59-66. doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.02.008>
- Walstra, P. (1999). *Dairy technology: principles of milk properties and processes*: CRC Press.

Investigation of the Effect of Starter type and Formulation on Physicochemical and Sensory Properties of Concentrated Yoghurt Using Mixture Design and Two-stage Clustering Method

Hassan Rashidi^{1*}, Morteza Kashaninejad², Marzieh Bolandy³, Samane Ghaffary⁴

1- Associate Professor, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran

* Corresponding author (h.rashidi@areeo.ac.ir)

2- PhD. Student, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad (FUM), Mashhad, Iran

3- Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Damghan Branch, Islamic Azad University, Damghan, Iran

4- MSc. Graduate, Department of Food Science and Technology, Damghan Branch, Islamic Azad University, Damghan, Iran

Abstract

In this study, the effect of starter type (probiotic and non-probiotic), milk (58 to 80%), cream (1 to 33%), whey powder (3 to 7%) and milk protein concentrate (6 to 12%) on acidity, pH, viscosity and sensory properties (flavor, color, texture and overall acceptance) of yogurt were evaluated using mixture design and then treatments were clustered and analyzed using two-stage clustering. The results showed that the linear effects of treatments (milk, cream, whey powder and protein concentrate) on all responses of the samples were significant, so increasing milk cream led to an increase in pH, viscosity, texture, color and flavor and overall acceptance and decreased acidity of the samples. Increasing whey powder and milk protein concentrate also led to increasing acidity and decreasing pH, viscosity, texture, color and overall acceptance of the samples. The linear effect of the starter type had no significant effect on the responses of the samples. Two-stage data clustering also divided the treatments of this study into two separate clusters and showed that whey powder and milk protein concentrate are not suitable substitutes for fat.

Keywords: Concentrated yoghurt, Milk protein concentrate, Mixture design, Probiotics, Two-stage clustering