# بهینه‌سازی فرمولاسیون کشک مایع فراسودمند حاوی اینولین بومی و گوار

**شکوفه مروی[1]، سید علی مرتضوی[2]، الناز میلانی[3*]**

1- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار،ایران

2- استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار،ایران

2- استادیار، پژوهشکده علوم و فناوری موادغذایی جهاد دانشگاهی خراسان رضوی، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: 1395/10/25 تاریخ پذیرش:1396/04/13

**چکیده**

کشک مایع یکی از فرآورده‌های لبنی است‌که دارای ارزش تغذیه‌ای بالایی می‌باشد؛ این فرآورده به دلیل دارا بودن باکتری‌های مفیداسید لاکتیک وانجام فرایند تخمیر ارزش تغذیه‌ای بالایی‌داشته وحاوی مقادیر زیادی کلسیم می‌باشد. کشک به عنوان فراورده سنتی ارائه می شود، متاسفانه در ایران تولیدکشک ازدیدگاه پژوهشی، به ویژه صنعتیو با رویکرد تنوع فرمولاسیون و بهبود خصوصیات کیفی و ارزش غذایی‌کمتر مورد توجه قرارگرفته است. در راستای اهمیت ترکیبات پری‌بیوتیک و اثرات سلامتی‌بخش محصولات وابسته، هدف از انجام پژوهش، معرفی و تولید کشک مایع فراسودمند حاوی اینولین وگوار به بازار مصرف داخلی می باشد. بر این اساس در قالب طرح مرکب مرکزی تاثیر افزودن همزمان صمغ گوار(در سطوح 0- 0/4 درصد) واینولین بومی استحصال شده از سیب زمینی ترشی(در سطوح0-2 درصد)، برویژگی‌های‌کشک مایع نظیر چسبندگی، صمغیت، اسیدیته، ماده خشک و خصوصیات رنگی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد افزودن این دو متغیر باعث افزایش چسبندگی، صمغیت و اسیدیته شد. همچنین میزان روشنایی، فاکتور قرمزی و میزان ماده خشک روند کاهشی نشان دادند. بر طبق نتایج، فرمولاسیون بهینه کشک با احتساب مقادیر بیشینه روشنی رنگ84/3، امتیاز عطروطعم4، اسیدیته 1/7، چسبندگی0/007، صمغیت 2/83 و کمینه ماده خشک 21/6 شامل غلظت 1/25 درصد اینولین و 0/27 درصد گوار تعیین گردید.

**واژه‌های کلیدی**: کشک مایع، فراسودمند، اینولین، خصوصیات رنگی، سطح پاسخ

[*]مسوول مکاتبات: e_milani81@yahoo.com

## 1-مقدمه

کشک فراورده‌ای است که با استفاده از فرایندهای مناسب صنعتی تهیه شده و دارای ارزش تغذیه‌ای بالایی است. امروزه تولید مواد غذایی فراسودمند و به‌کارگیری مواد اولیه و یا افزودنی‌هایی که همواره سبب بهبود ویژگی‌های تکنولوژیکی و بالا بردن ارزش تغذیه‌ای مواد غذایی شوند به یکی از نیازهای صنعت غذا و اهداف متخصصین تغذیه و صنایع غذایی تبدیل شده و تحقیقات متعددی در زمینه شناخت و تولید این مواد در سال‌های اخیر صورت گرفته است (1). در سال‌های اخیر مصرف‌کنندگان، به خصوصیات سلامتی‌بخش محصول توجه ویژه‌ای دارند. ماده غذایی فراسودمند، ماده غذایی است که دربردارنده دست‌کم یک ویژگی سلامتی‌بخش مشخص، افزون بر خواص تغذیه‌ای پایه باشد(3 و17). ترکیب پری‌بیوتیکی اینولین به دلیل ویژگی‌های عملگرا و خصوصیات سلامتی‌زای خود، به طور روزافزونی مورد توجه پژوهشگران و متخصصین صنایع غذایی قرار گرفته است. مطالعات مختلف نشان داده که رژیم غذایی حاوی اینولین و فروکتوالیگوساکاریدها، رشد بیفیدوباکترها و لاکتوباسیلوس‌ها را تحریک نموده، سبب افزایش تولید ویتامین B و K شده و به صورت انتخابی از رشد پاتوژن‌هابه‌ویژه فوزوباکترهاوکلستریدیوم‌هاجلوگیری می‌کند(2).اینولین کربوهیدرات غیرقابل هضم حاوی فروکتو الیگوساکاریدهای طبیعی و دارای خصوصیات فیبرهای رژیمی بوده که به دلیل خواص سلامتی‌بخشی و تکنولوژیکی خاص آن، علاقه زیادی به مصرف آن وجود دارد. ویژگی اینولین به‌عنوان یک چربی تقلیدی به توانایی آن در پیوند با مولکول های‌آب و ایجاد یک شبکه ژل مانند مربوط می‌شود (12). از دیگر اهداف کاربرد اینولین می‌توان به حجم‌دهنده کم‌کالری، تشدید جذب کلسیم، بهبود بافت، تشدید احساس دهانی و ایجاد حالت پری در دهان اشاره نمود(14 و 27). هیدروکلوئیدها، پلی‌ساکاریدهای محلول در آب با ساختار شیمیایی متفاوت بوده و به دلیل طیف وسیعی از خواص عملکردی، به‌طور گسترده در صنایع‌غذایی کاربرد دارند. می‌توان به حضور آنها در عوامل ژل‌کننده، امولسیفایرها، تثبیت‌کننده‌ها و عوامل‌کف‌ساز اشاره نمود. بهبود ویژگی‌های بافتی و افزایش ظرفیت نگهداری آب از دیگرکاربردهای هیدروکلوئیدها به‌شمار می‌آید (6). مطابق گزارش النگار و همکاران (2002) افزودن اینولین تا غلظت 9 درصد منجر به کاهش سختی و افزایش چسبندگی بافت بستنی ماستی کم‌چرب نسبت به نمونه شاهد گردید(18). زیمری و کوکینی (2003) بیان داشتند که خواص رئولوژیکی محلول اینولین تقریبا مشابه با محلول ساکارز می‌باشد و برای تولید محلول‌های ویسکوز درصد بالایی از اینولین مورد نیاز است ولی به‌کاربردن مقدار کم اینولین به همراه سایر پلی‌ساکاریدها و صمغ‌ها مثل گزانتان، نشاسته مومی و ... به‌علت واکنش‌های سینرژیستی، سبب افزایش قابل توجه ویسکوزیته می‌شوند(27). آکالین و همکاران (2008) استفاده از ایزوله پروتئین آب‌پنیر و اینولین را به‌عنوان جایگزین چربی در بستنی مورد مطالعه قرار دادند. افزودن اینولین، منجر به کاهش سختی، ویسکوزیته ظاهری و بهبود خواص حسی محصول گردید(13). نتایج بررسی سوکولیس و زیا (2008) نشان داد؛ با افزودن هیدروکلوئیدهایی نظیر گوار، گزانتان و به کربوکسی متیل سلولز در فرمولاسیون ماست منجمد، ویسکوزیته و حجم‌افزایی محصول به‌طور معنی‌داری افزایش یافت(26). با توجه به واردات اینولین با هزینه بالا، بررسی کاربرد اینولین بومی در صنایع غذایی گامی بنیادین در ارائه محصولات بر پایه دانش فنی بومی خواهد بود. هدف از انجام پژوهش حاضر، ارزیابی کاربرد همزمان اینولین استحصالی از منابع بومی و گوار در فرمولاسیون کشک مایع فراسودمند در مقیاس صنعتی و بهبود خصوصیات تکنولوژیکی و کیفی آن بود.

## 2-مواد و روش‌ها

### 2-1- مواد

مواد اولیه شامل شیر با 3/5 درصد چربی از تعاونی بنیاد، کشت آغازگر ماست با کد تجاری(DVS Lac 1.63) شامل *استرپتوکوکوس سالیواریوس زیرگونه‌ی ترموفیلوس* و *لاکتوباسیلوس دلبورکی* زیر گونه‌ی بولگاریکوس از شرکت کریستین هانسن خریداری شد. کشک مایع صنعتی

در شرکت فرآورده‌های لبنی بینالود نیشابور تهیه شد. پودر اینولین استحصال شده از سیب‌زمینی ترشی DP≥20 با درجه خلوص 80 درصد از پژوهشکده علوم و فناوری موادغذایی جهاد دانشگاهی مشهد و صمغ گوار هندی از شرکت به پارس تهران تهیه شدند.

## 2-2- روش‌ها

### 2-2-1- تهیه کشک مایع

شیر خام با چربی 3/5 درصد از تعاونی دامداران بنیاد قوچان خریداری شد و پس از انجام آزمون های کیفی لازم در شرکت شامل تست اسیدیته، الکل، آنتی بیوتیک، اندازه گیری درصد آب و چربی و پروتئین فرآورده های لبنی بینالود نیشابور و تایید کنترل کیفیت در قسمت تحویل شیر شرکت تخلیه، از سه صافی عبور کرده و در سرد کن صفحه ای تا 5 درجه سانتی گراد سرد گردید. سپس از دستگاه پاستوریزاتور با دمای 73 درجه به مدت 20 دقیقه، سپراتور جهت تنظیم چربی تا 7/ 0و هموژنایزریک مرحله ای با فشار 130 psi عبورکرده و در مخازن فرایند جوشانده شد و پس از سردشدن و رسیدن به دمای 45-43 درجه سانتی‌گراد، کشت آغاز گر ماست شامل *استرپتوکوکوس ترموفیلوس و لاکتوباسیلوس دلبروکی* (yc_Ch1_x11، کریستین هانسن دانمارک) به میزان پیشنهادشده شرکت سازنده (0/2 درصد حجم شیر) به آن اضافه گردید. شیر مایه خورده در دمای 43 درجه سانتی‌گراد گرمخانه‌گذاری شد و زمانی‌که اسیدیته آن به 110 درجه دورنیک رسید تا دمای 12 درجه سانتی‌گراد خنک گردید. سپس جهت آب‌گیری در وان های سوراخ داراستریل مخصوص تخلیه گردید وپس از آب اضافی، تا رسیدن به چربی در ماده خشک 16 درصد ماست چکیده تهیه شد. و زمانی‌که اسیدیته آن به 110 درجه دورنیک رسید تا دمای 12 درجه سانتی‌گراد خنک گردید. سپس جهت آب‌گیری درمخازن مخصوص تخلیه گردید و ماست چکیده تهیه شد. در مرحله بعد ماست چکیده به داخل مخزن پخت تخلیه شده و جهت تهیه کشک تا دمای 85 درجه سانتی‌گراد حدود سه ساعت حرارت داده شد، سپس مواد افزودنی شامل اینولین بومی (0، 1 و 2 درصد) به مشخصات استحصال شده از گیاه سیب زمینی ترشی مطابق پژوهش میلانی و همکاران (1391) و با درجه خلوص 87 درصد(11)، صمغ گوار (0، 0/2 و 0/4 درصد)، نمک به میزان 1/5 درصد اضافه شدند و تا دمای 50-45 درجه سانتی‌گراد سرد گردید و در ظروف پلی‌پروپیلن و یا شیشه‌ای بسته‌بندی گردید و در سردخانه‌ی بالای صفر (6 درجه سانتی‌گراد) به منظور انجام آزمون های بعدی نگهداری شدند.

### 2-3- طرح آزمایشی و آنالیز آماری

در این پژوهش از روش روش سطح پاسخ (RSM[1]) در قالب طرح مرکب مرکزی جهت بررسی اثر متغیرهای آزمایش و از نرم افزار Design expert 9 به منظور آنالیز آماری استفاده شد. متغیرهای مستقل شامل درصد صمغ گوار و میزان اینولین بود. در نهایت شرایط بهینه فرآیند جهت تولید مطلوب‌ترین محصول تعیین شد. تیمارهای مورد آزمون در جدول 1 آمده است.

1-Response Surface Metodology

**جدول1- نمایش متغیرهای مستقل فرمولاسیون و مقادیر آنها در مرحله بهینه سازی تولید کشک مایع**

| تیمار | درصد گوار | درصد اینولین | درصد گوار | درصد اینولین |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0/20 | 1 | 8 | 0.00 |
| 2 | 0/20 | 1 | 9 | 0.00 |
| 3 | 0/40 | 1 | 10 | 0/20 |
| 4 | 0/20 | 1 | 11 | 0/40 |
| 5 | 0/20 | 1 | 12 | 0/40 |
| 6 | 0/20 | 2 | 13 | 0/20 |
| 7 | 0.00 | 2 | | |

**2-4- آزمون‌ها**

**2-4-1- اندازه‌گیری اسیدیته**

اسیدیته (بر حسب میزان اسید لاکتیک در صد گرم) طبق استاندارد ملی ایران به شماره 6127 تعیین شد (5).

**2-4-2- اندازه‌گیری ماده خشک**

ماده خشک بدون چربی (درصد وزنی بر پایه شیر) طبق استاندارد ملی ایران به شماره 1753 تعیین شد (4).

**2-4-3- ارزیابی مولفه های سنجش بافت**

ارزیابی سفتی بافت توسط دستگاه تحلیل‌گر بافت، مدل LLOYD با نام Texture Analyser TA plus ساخت کشور انگلستان انجام شد. برای این کار نمونه داخل دستگاه قرار گرفت و دو بار توسط پروب فشارنده فشرده شد. نیروی نفوذ پروب استوانه‌ای تا عمق 20 میلی‌متر با سرعت یک میلی‌متر بر ثانیه به میزان 50 نیوتن ثبت گردید. شاخص‌های مختلفی مانند چسبندگی و صمغیت از روی منحنی به دست آمده از دستگاه تعیین شد (23).

**2-4-4- اندازه‌گیری مولفه های سنجش رنگ**

ارزیابی رنگ نمونه‌های کشک مایع توسط دستگاه هانتر لب CX2547 ساخت کشور امریکا انجام گرفت. ابتدا دستگاه توسط کاشی های مخصوص کالیبره گردید و سپس رنگ هرنمونه بعد از قرارگرفتن داخل کاپ کاملا تمیز با چرخش°90 از چهار جهت مورد بررسی قرار گرفت.در سیستم هانترلب، رنگ بر مبنای 3 پارامتر *L، *a و *b ارزیابی می‌شود. مقادیر *L بین صفر (سیاه) تا 100 (سفید) متغیر است شاخص روشنی، مقادیر مثبت *a شاخص قرمزی و مقادیر منفی آن شاخص سبزی محصول می باشد. همچنین مقادیر مثبت *b شاخص زردی و مقادیر منفی آن شاخص میزان آبی بودن محصول است (12 و 23).

## 3-نتایج و بحث

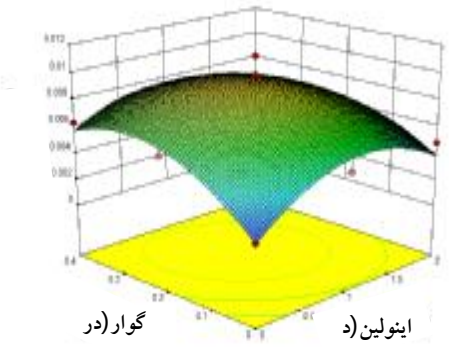
**3-1- تاثیر متقابل افزودن اینولین و گوار بر میزان چسبندگی[2] کشک مایع**

چسبندگی ( نیوتن. ثانیه) از دیدگاه حسی عبارت از نیروی لازم برای جداکردن غذا از سقف دهان در حین خوردن و از دیدگاه مکانیکی کار لازم برای غلبه بر نیروهای چسبندگی بین سطح غذا وسطح سایر موادی که غذا باآن ها در تماس است می باشد (15 و 27). نتایج اثر متقابل افزودن اینولین و گوار بر میزان چسبندگی کشک مایع در شکل 1 نشان داده شده است. مطابق نتایج، صمغ گوار اثر معنی‌داری بر نیروی چسبندگی داشت. همچنین ضریب پراکندگی بر نیروی چسبندگی بی‌معنی بود ($P>0.05$). همان‌طور که در شکل 1 مشاهده می‌شود با افزودن اینولین به صورت مستقیم، تا غلظت حدود 1/5 درصد، نیروی چسبندگی افزایش یافت. اما در غلظت های بالاتر اینولین میزان چسبندگی کاهش یافت. با افزایش گوار به صورت مستقل، میزان چسبندگی

2- Adhesiveness

افزایش یافت. تاثیر متقابل افزودن گوار و اینولین، سبب افزایش میزان نیروی چسبندگی نمونه‌ها گردید. بالابودن میزان پروتئین در نمونه‌ها باعث افزایش اتصالات عرضی و به دنبال آن تشکیل شبکه سه بعدی پروتئینی و ساختار ژلی مستحکم‌تر می‌شود. با توجه به اینکه نیروی چسبندگی، نیروی لازم جهت غلبه بر نیروی جاذبه سطحی بین ذرات است، لذا هرچه ساختار ژلی و شبکه پروتئینی نمونه‌های کشک استحکام بیشتری داشته باشد، نیروی چسبندگی نیز بیشتر می‌شود(18، 23 و 27). ال نگار و همکاران (2002) نیز با افزودن اینولین به ماست منجمد کم‌چرب، به نتایج مشابهی دست یافتند و بیان داشتند که افزودن اینولین در سطوح بالاتر از 5 درصد، سبب افزایش چسبندگی بافت نمونه‌ها در مقایسه با نمونه پرچرب می‌شود (18). میلانی و همکاران (2010)، در پژوهش دیگری که اثر عسل، خرما و گوار بر ماست کم‌چرب پرتقالی را بررسی می‌کرد بیان داشتند که افزایش غلظت گوار سبب افزایش چسبندگی بافت بستنی ماستی کم‌چرب شد، به‌نظر می‌رسد در سطوح بالاتر از 0/3 درصد، با افزایش غلظت گوار، نمودار روند ثابتی

باشد (23). مقایسه مقادیر چسبندگی در بررسی اثر جایگزینی چربی شیر با اینولین و کنسانتره‌های پروتئینی شیر بر خصوصیات ماست کم‌چرب توسط مهدیان و همکاران (1392)، نشان داد؛ با افزایش مقدار اینولین، میزان چسبندگی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت($p<0.05$). درحالی‌که میزان چسبندگی نمونه‌های حاوی کنسانتره‌پروتئینی اختلاف مشخصی با نمونه شاهد نداشت ($p>0.05$). افزایش غلظت همزمان گوار و اینولین سبب افزایش چسبندگی بافت ماست منجمد کم‌چرب شد که با توجه به ماهیت و عملکرد ترکیبات امری طبیعی به شمار می‌رود (10). سوکولیس و همکاران(2008) اثر حمایتی ترکیبات هیدرو کلوئید را تحت شرایط اسیدی محصولات لبنی تخمیری مورد بررسی قرار دادند، این اثر حمایتی هیدرو کلوئیدها به واسطه افزایش ویسکوزیته در مناطق مابین کریستال یخ بوده، چنانکه کاهش تحرک ملکول های آب از مهاجرت آنها به کریستال های یخ مجاور جهت تشکیل کریستال های بزرگ و متعاقبا افزایش میزان سختی و کاهش چسبندگی بافت، ممانعت به عمل می آورد(26).

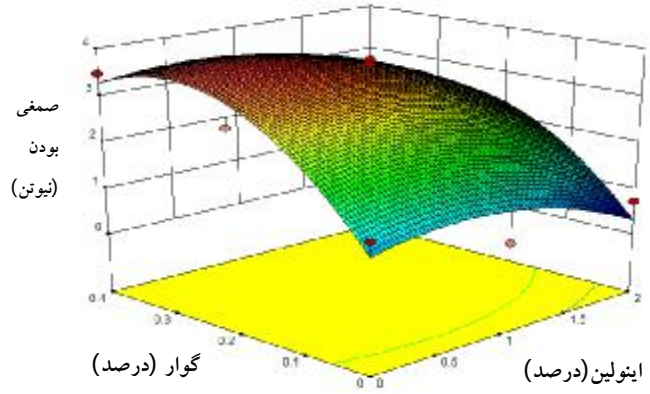



**شکل1- اثر متقابل گوار و اینولین برمیزان چسبندگی کشک مایع**

### 3-2- تاثیر متقابل افزودن اینولین و گوار بر میزان صمغیت کشک مایع

حالت صمغی عبارت است از انرژی لازم برای خرد کردن یک مادهٔ غذایی نیمه جامدتا هنگامی‌که آمادهٔ بلع شود. مقدار آن از حاصل ضرب مقادیر سفتی در پیوستگی به دست آمده و با واحد گرم و یا نیوتن نشان داده می شود (12 و 13). مطابق شکل 2؛ اثر مستقل افزودن گوار، با توجه به این‌که تاثیر گوار بر حالت صمغیت بیشتر از تاثیر اینولین بود، باعث افزایش شدید صمغیت شد. با این حال در غلظت های بالاتر از 0/4 درصد، افزایش گوار تاثیری بر صمغیت نمونه نداشت (شکل 2). اثر متقابل این دو، باعث افزایش حالت صمغی نمونه شد ولی با افزایش هر دو پارامتر گوار و

اینولین به بالاترین غلظت ( به ترتیب بالاتر از 0/3 و 1/5 درصد)، به میزان صمغیت از3 به2/7 نیوتن کاهش پیدا کرد. بیشترین حالت صمغی مربوط به نمونه حاوی کمترین میزان اینولین و بیشترین میزان گوار بود(3/3 نیوتن). حالت صمغی و سایر پارامترهای بافتی تحت تاثیر مقدار چربی، پروتیین و مواد جامد کل (رطوبت) می باشند. با افزایش مواد جامد کل بدلیل جذب آب بالاتر محبوس در اینولین و گوار، نسبت چربی به ماده جامد تغییر و سبب کاهش میزان صمغیت بافت می گردد(24). در پژوهش قائمی و همکاران (1389) افزودن اینولین بر نمونه‌های پنیر سبب کاهش سختی و صمغیت پنیرها در پایان دوره رسیدگی بودکه با نتایج پژوهش حاضر مطابقت داشت(8). به‌نظر می‌رسد رابطه مستقیمی بین افزایش میزان آب محبوس در فرمولاسیون، کاهش pH، دوره رسیدن و واکنش‌هایی چون پروتئولیز با کاهش سختی و صمغیت بتوان بیان کرد.

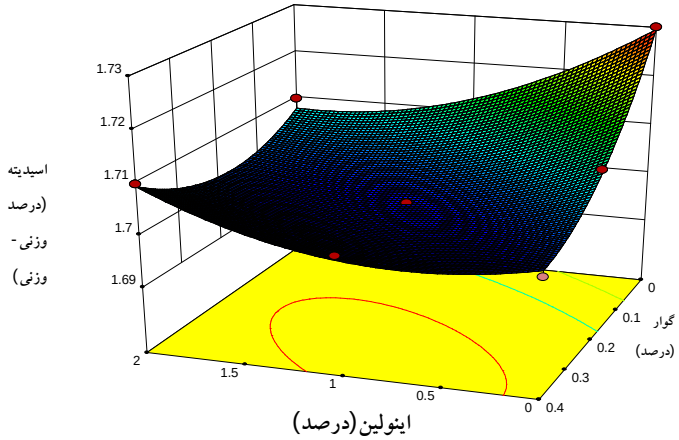



**شکل 2- اثر متقابل گوار و اینولین برمیزان صمغی بودن بافت کشک مایع**

**3-3- تاثیر متقابل افزودن اینولین و گوار بر میزان اسیدیته کشک مایع**

مطابق شکل 3، در نمونه فاقد گوار، افزایش مستقل اینولین، سبب کاهش اسیدیدته کشک از 1/73 تا 1/7 گردید. اما همزمان با افزایش غلظت گوار، افزایش غلظت اینولین تا 1 درصد، تاثیری بر روند تغییرات اسیدیته نداشت. اما در غلظت های بالاتر سبب افزایش اسیدیته کشک مایع تا 1/7 درصدگردید. نتیجه اخیر ناشی از تاثیر اینولین در تحریک فعالیت‌های متابولیکی باکتری‌های آغازگر و توسعه اسیدیته می‌باشد، می توان چنین دریافت نمود که در اثر افزایش اینولین میزان بیشتری قندهای مونوساکاریدی در اختیار اسید لاکتیک باکتریها قرار گرفته و سبب تحریک جزئی آن ها وتولید متابولیت و اسید می شود(5، 8، 14، 23 و 25). باافزایش درصد صمغ گوار تا 0/4 درصد به‌صورت مستقل، کاهش معنی دار اسیدیته از 1/73 تا 1/69 درصد مشاهده شد. اثر متقابل این دو متغیر بدلیل اثر تعدیل کننده اینولین سبب افزایش ملایم اسیدیته تا 1/71 درصد شد. این افزایش از نظر آماری معنی دارنبود. پژوهش کار و همکاران(2002) و میلانی و همکاران (2011) نشان داد، افزودن اینولین به ماست موجب افزایش تولید اسید لاکتیک در فرمولاسیون نهایی می گردد. الیوویرا و همکاران (2009) بیان داشتند؛ با افزودن اینولین به ماست، زمان تخمیر کاهش یافته و در مقابل میزان اسیدسازی در ماست افزایش یافت(24). نتایج حاصل از تحقیقات آکین و همکاران (2007) نیز نشان داد؛ با افزایش سطح اینولین، میزان اسیدیته نیز افزایش یافت. با این حال، قابلیت زنده‌مانی *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* و *بیفیدوباکتریوم* لاکتیس، با افزایش غلظت اینولین، افزایش یافت. این امر ناشی از اثر پری‌بیوتیکی اینولین است(14). در پژوهش لشگری و همکاران (1387) اثر متغیرهای صمغ گوار و عربی بر میزان اسیدیته پنیر سفید ایرانی کم‌چرب

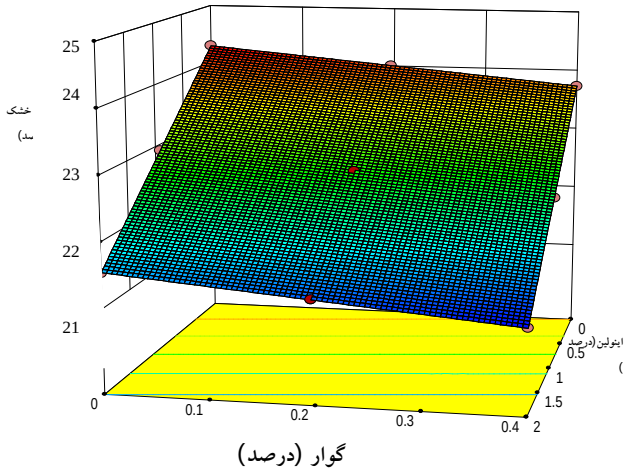
بررسی شد که تفاوت‌های مشخصی در مورد اسیدیته بین نمونه‌ها دیده نشد (9). با افزودن صمغ گوار اسیدیته نمونه نسبت به نمونه کنترل (بدون‌صمغ)، افزایش یافت. کوسیکووسکی (1981) دلیل این امر را به پدیده اسیدی‌کردن ثانویه نسبت داد زیرا در نمونه‌های حاوی صمغ گوار، ویسکوزیته محصول بیشتر بوده و بنابراین قسمت‌های مرکزی دیرتر سرد شده و امکان فعالیت استارترهای ماست و به تبع آن تولید اسیدلاکتیک و کاهش pH در مرحله رساندن همچنان وجود داشته است (21).




**شکل 3- اثر متقابل گوار و اینولین برمیزان اسیدیته کشک مایع**

**3-4- تاثیر متقابل افزودن اینولین و گوار بر میزان ماده خشک کشک مایع**

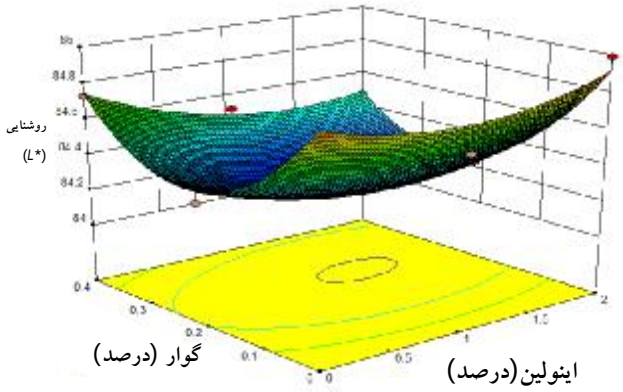
مطابق شکل 4، افزایش مستقل گوارتا 0/4 درصد، سبب کاهش ماده خشک نمونه های کشک مایع از21/8 تا 21 درصد گردید. افزودن اینولین به تنهایی نیز سبب کاهش روند ماده خشک از 23/8 تا 21 درصد گردید. اثر متقابل این دو نیز کاهش ماده خشک را نسبت به نمونه اولیه تا 20/9 درصد نشان داد. با افزایش غلظت اینولین و گوار، بدلیل افزایش قابلیت جذب آب، ماده ی خشک محصول کاهش می یابد(24). بنا به گزارش لشگری و همکاران (1387) درباره تولید پنیر سفید ایرانی، با افزایش صمغ گوار، به‌دلیل بالابودن خاصیت آب‌دوستی این صمغ، مقدار رطوبت لخته افزایش یافت. صمغ گوار دارای ظرفیت بالای نگهداری آب است. درنتیجه، باعث تاخیر در آب‌انداختن لخته‌ها می‌شود و نسبت ماده خشک پنیر را کاهش می‌دهد(9). در پژوهش شوریده و همکاران (1390) میزان ماده خشک با افزایش میزان اینولین در نمونه کاهش یافت. بروز پدیده اخیر می تواند ناشی از وجود گروه‌های هیدروفیل وطبیعت جاذب‌الرطوبه‌آن باشد(6). نتایج پژوهش، مشابه نتایج آکین و همکاران (2007) درخصوص افزودن‌اینولین‌درماست پروبیوتیک بود. در مطالعه فرزان‌مهر و همکاران (1387) جایگزینی ساکارز با اینولین سبب افزایش میزان رطوبت و کاهش ماده خشک شکلات شیری گردید(7). در تحقیق دوروکس و همکاران (2003) نمونه‌های کوکی کم‌چرب حاوی اینولین درصد رطوبت بیشتری داشتند. سایر تحقیقات بیانگر تاثیر افزودن اینولین بر افزایش رطوبت نان و کیک در طول دوره نگهداری و افزایش ماندگاری آنها بود (17).




**شکل 4- اثر متقابل گوار و اینولین برمیزان ماده خشک کشک مایع**

**3-5- تاثیر متقابل افزودن اینولین و گوار بر میزان رنگ کشک مایع (L*)**

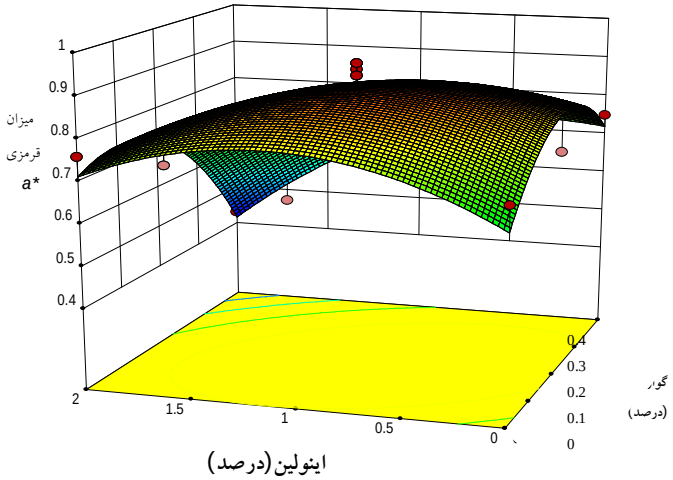
نتایج حاصل از آنالیز واریانس تاثیر افزودن اینولین و گوار بر میزان روشنایی کشک مایع مبین این واقعیت است که اثر درجه دوم گوار بر میزان روشنایی نمونه ها معنی دار (P<0/05) و تاثیر اینولین بی‌معنی بود(P>0/05). مطابق شکل 5، افزودن گوار به‌صورت مستقل تا 0/2 درصد باعث کاهش روشنایی و پس از آن باعث افزایش روشنایی گردید. اینولین نیز به صورت مستقل باعث کاهش روشنایی شد. افزایش همزمان اینولین و گوار تا غلظت بیشینه، سبب کاهش روشنایی به میزان 0/4 گردید. با توجه به نتایج به‌دست آمده مشخص گردید که در مراحل ابتدایی، اینولین به‌دلیل جذب آب باعث کاهش پراکنش نور شده و در نتیجه درجه روشنایی را کاهش می‌دهد، اما در غلظت بالاتر و با تطبیق پذیری شرایط، اینولین و صمغ گوار با حفظ رطوبت و ممانعت از خروج آب در حین فرآیند سبب کاهش تغییرات سطح پوسته محصول نهایی می‌شوند که این امر می‌تواند در افزایش این مؤلفه رنگی مؤثر باشد(13). در مطالعه شوریده و همکاران (1390) درباره تاثیر D- تاگاتوز و اینولین به‌عنوان جایگزین ساکارز بر خصوصیات شکلات شیری، با افزایش میزان تاگاتوز و کاهش میزان اینولین، میانگین L افزایش یافت. کمترین مقدار L مربوط به نمونه حاوی بیشترین میزان اینولین و بیشترین آن مربوط به نمونه 5حاوی غلظت بیشینه تاگاتوز بود. با توجه به نتایج به‌دست آمده مشخص گردید که اینولین به‌دلیل جذب آب باعث کاهش پراکنش نور شده و در نتیجه درجه روشنایی L را کاهش داد و محصول نهایی تیره‌تر به‌نظر می‌رسد. بر اساس نتایج مطالعه‌ای که بولنز و همکاران (2006) بر روی مصرف پرکننده‌ها در شکلات شیری انجام دادند، کمترین مقدار L در شکلات حاوی 20 درصد اینولین مشاهده گردید (15). همچنین عبدالخیر (2009) نشان داد که افزودن اینولین به شیر شکلاتی باعث کاهش L گردید(12).




**شکل 5- اثر متقابل گوار و اینولین بر فاکتور (L*) کشک مایع**

### 3-6- تاثیر متقابل افزودن اینولین و گوار بر میزان رنگ کشک مایع (a*)

مطابق شکل 6، با افزایش میزان اینولین تا غلظت حدود 1/5 درصد روند تغییرات اندیس a* افزایشی و معادل 0/75 بود و پس از آن تا غلظت 2 درصد اینولین، میزان پارامتر a* معادل 0/7 گزارش شد. افزودن گوار تا 0/4 درصد سبب افزایش a* از 0/45 تا 0/7 گردید. اثر متقابل افزودن گوار و اینولین نیز باعث کاهش در فاکتور قرمزی a*، گردید. افزایش فاکتور قرمزی می تواند بواسطه رنگ کرمی گوار و اینولین قابل توجیه باشد. بولنز و همکاران (2006) در مطالعه خود اعلام داشتند؛ نمونه شکلات شیری حاوی اینولین قرمزی بیشتری نسبت به شاهد داشت (15). شوریده و همکاران (1390) نیز در بررسی روی تاثیر D- تاگاتوز و اینولین به‌عنوان جایگزین ساکارز بر خصوصیات شکلات شیری دریافتند که با کاهش اینولین و همزمان افزایش میزان تاگاتوز، میزان اندیس a* از 6/99 تا 11/73، افزایش یافت (6). همچنین عبدالخیر (2009) نشان داد که افزودن اینولین به شیر شکلاتی، باعث افزایش در مقدار a می‌شود (12).

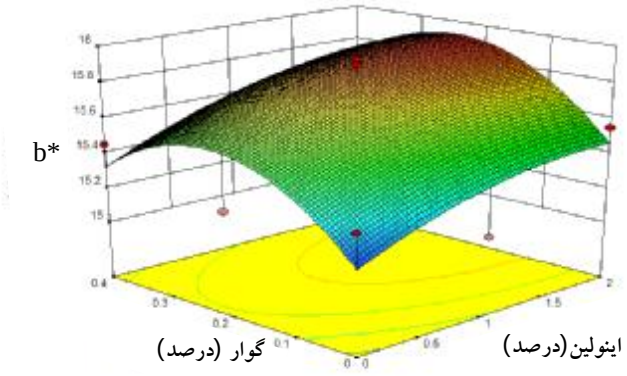



**شکل 6- اثر متقابل گوار و اینولین بر فاکتور (a*) کشک مایع**

### 3-7- تاثیر متقابل افزودن اینولین و گوار بر میزان رنگ کشک مایع (b*)

مطابق شکل7، افزایش مستقل گوار تا 0/3 درصد باعث افزایش شدید مقدار b* تا 15/45 و افزایش اینولین در کلیه سطوح باعث افزایش میزان b* از 10 تا 15/4 شد. بیشترین روند افزایشی در نمونه حاوی غلظت 0/3 درصد گوار-2 درصد اینولین و معادل 15/9 گزارش گردید. اما با افزایش غلظت گوار تا 0/4 این میزان b* از 15/9 به 15/7 کاهش یافت. افزایش فاکتور b* می تواند به واسطه رنگ کرمی

گوار و اینولین قابل توجیه باشد. بولنز و همکاران (2006) بیان داشتند نمونه شکلات شیری حاوی اینولین مقدار b* (زردی) کمتری نسبت به نمونه شاهد داشت (15). شوریده و همکاران (1390) نیز در بررسی روی تاثیر D- تاگاتوز و اینولین به‌عنوان جایگزین ساکارز بر خصوصیات شکلات شیری دریافتند که با کاهش اینولین و افزایش میزان تاگاتوز، مقدار پارامتر b از 6/19 تا 12/25 افزایش یافت. همچنین عبدالخیر (2009) نشان داد که افزودن اینولین به شیر شکلاتی، باعث افزایش در مقدار b* گردید(12).

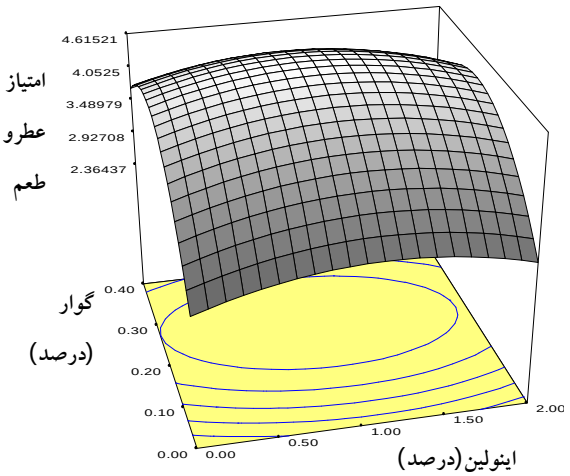



**شکل 7- اثر متقابل گوار و اینولین بر فاکتور (b*) کشک مایع**

**3-8- تاثیر متقابل افزودن اینولین و گوار بر امتیاز عطرو طعم کشک مایع**

مطابق جدول آنالیز واریانس، مدل چند جمله ای درجه دو بهترین مدل برای تفسیر تغیرات عطرو طعم فراورده تحت تاثیر سطوح مختلف اینولین و گوار بود. از این رو؛ عبارت های معنی دار شامل اثر خطی گوارو اثرات درجه دو هردو متغیر بود. ( $p<۰.۰۵$). مطابق شکل8، با افزایش غلظت گوار به صورت مستقل،تا حدود غلظت 0/4 افزایش امتیاز عطر و طعم مشاهده شد (3/7) و پس از آن با افزایش غلظت تا 0/4،کاهش ملایمی در آن مشاهده گردید(3/5). با افزایش اینولین نیز تا غلظت حدود 1.5 درصد امتیاز عطرو طعم از 2 به 3/1 افزایش و پس از آن با افزایش غلظت اینولین، روند امتیاز عطروطعم ثابت بود.اثر متقابل این دو متغیر تاثیر مشهودی بر افزایش امتیاز عطرو طعم نمونه داشت بطوریکه بیشترین امتیاز در نمونه کشک حاوی 1/2 اینولین - 0/3 درصد گوار و معادل 4/15 گزارش شد. افزایش اینولین و گوار در غلظت ها ی بالا، بدلیل تحریک نمودن باکتری های اسید لاکتیک و تولید اسی وکاهش pH می تواند سبب کاهش امتیاز عطروطعم در فراورده گردد. تولید عطروطعم در فرآورده های شیری تخمیری، به عنوان مجموعه واکنش های مربوط به متابولیسم اسید لاکتیک، لیپولیز، اکسیداسیون و پروتئولیز می باشد،که در این واکنش ها، میکروارگانیسم ها از طریق سیستم آنزیمی خودعمل کرده، با متابولیزه کردن پیش ساز های مختلف، که عمدتا لاکتوز می باشد،ترکیبات موثر در تامین آرومای فرآورده را فراهم می کنند(12 و 17). در خصوص استفاده از صمغ ها می توان گفت اتصال پایدار کننده به بخشی از آب موجود در فراورده، باعث شود، آب کمتری برای تغییر فاز در محصول وجود داشته باشد. پایدار کننده در پخش یکنواخت مواد مولد عطر و طعم و جلوگیری از متلاشی شدن حباب هوا نیز نقش بسزایی دارند(13، 16 و 21). گلوب (2004)، گزارش کردکه افزودن پری بیوتیک هایی نظیر لاکتولوز و اینولین و به ویژه استفاده از مخلوط این دوترکیب در محصولات لبنی موجب افزایش طعم و مزه و همچنین بهبود احساس دهانی می شود(19).

نتایج حاصل ازبررسی انجام شده توسط قائمی و همکاران(1389)، نشان داد که بالاترین میزان ارزیابی حسی (بافت و طعم) مربوط به پنیر های حاوی 2% اینولین بود. به نظر می‌رسد افزودن اینولین باعث بهبود ویژگی‌های طعمی و بافتی شده و احساس دهانی مطلوب‌تری را باعث می‌شود(8).




**شکل 8- اثر متقابل گوار و اینولین بر امتیاز عطرو طعم کشک مایع**

### 3-9- بهینه یابی فرمولاسیون کشک مایع فراسودمند حاوی اینولین بومی و گوار

بر اساس نتایج حاصل از بهینه‌یابی عددی نرم افزار، بهترین شرایط فرمولاسیون کشک مایع فراسودمند با رویکرد دستیابی به مقادیر بیشینه بیشینه روشنی84/3، امتیاز عطروطعم4، اسیدیته 1/7، چسبندگی0/007، صمغیت 2/83 و کمینه ماده خشک 21/6 شامل غلظت 1/25 درصد اینولین و 0/27 درصد گوار تعیین گردید. بر این اساس نمونه بهینه کشک مایع مجدد فرموله و تولید گردید؛ میزان چربی و پروتئین نمونه بهینه معادل 2/4 و 11 درصد گزارش شد.

## 4-نتیجه گیری

روند رو به رشد تمایل صنایع غذایی و داروسازی به کاربرد اینولین به عنوان ترکیب پری بیوتیک، جایگزین مناسب برای چربی و قند و همچنین نتایج بررسی آماری، حاکی از تولید روز افزون آن در سطح جهانی می باشد. مطلب اخیر متضمن روند صعودی افزایش قیمت اینولین و مواد خام مرتبط با آن است. اینولین در زمره غذاهای عملگر بوده که در تعامل با انواع هیدروکلوئیدهای طبیعی نظیر گوار می‌تواند نیازهای صنعت غذا به ترکیبات سلامتی زا را برآورده سازد. از این رو استخراج اینولین از گیاهان بومی در کشور با توجه به هزینه ی بالای واردات آن و کاربرد وسیع آن در زمینه ی دارویی و تغذیه ای، منطقی خواهد بود.مصرف فرآورده های غذایی حاوی ترکیبات فراسودمند در مقایسه با سایر شیوه های دریافت ترکیبات سلامتی زا و پری بیوتیک مانند کارگذاری موضعی یا مصرف خوراکی، به چند دلیل مقبولیت بیشتری نزد عموم دارد.نخست این که مردم کمتر به مصرف مواد دارویی تمایل نشان می دهند،دوم این که فرآورده های غذایی اثر حمایت کننده بر پروبیوتیک ها دارندو سوم جنبه حسی مصرف فرآورده های غذایی و لذت حسی ناشی از مصرف آن می باشد. با توجه به نیاز عمومی در خصوص مصرف فراورده های لبنی، تنوع در کنار بهبود خصوصیات کیفی این قبیل فرآورده‌ها بویژه انواع فراورده های سنتی در صنایع لبنی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در راستای رعایت حقوق مصرف کننده، کارخانجات صنایع غذایی می بایست کیفیت مطلوب فراورده و ارتقای ارزش غذایی را در اولویت قرار دهند، از این رو، تولید فراورده هایی از این دست گام بزرگی در ارتقای سلامت جامعه خواهد داشت. در کشور ما، کشک به عنوان فراورده سنتی از محبوبیت خاصی برخوردار است، با

**توجه به توسعه صنعتی کشور و رقابت های شدید اقتصادی به نظر می رسد تولید فرمولاسیون جدید و سلامتی زابرای کشک، سبب توسعه بیشتر و ایجاد رقابت های اقتصادی سالم تر خواهد شد. از جمله دستاوردهای مهم پژوهش کارایی موفقیت آمیز اینولین بومی و گوار در فرمولاسیون کشک مایع با رویکرد ارتقای ویژگی تغذیه ای فراورده سنتی در مقیاس صنعتی بود.**

## 5-منابع


1.آقاجانی، ع. پوراحمد، ر. و مهدوی عادلی، ح. 1391. تولید و نگهداری ماست سین‌بیوتیک حاوی لاکتوباسیلوس کازئی. مجله علوم غذایی و تغذیه، جلد (1) 10، 28-19.

2.اخوان طباطبایی، ح. و زندی، پ. 1385. بررسی ارزش تغذیه‌ای، خواص تکنولوژیکی و کاربرد اینولین در صنایع غذایی، شانزدهمین کنگره ملی صنایع غذایی ایران،گرگان.

3.امیرکاوئی، ش. 1384. تولید سس‌های سالاد کم‌کالری. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

4 بی‌نام، استاندارد ملی ایران، شماره 1753.

5. بی‌نام، استاندارد ملی ایران، شماره 6127.

6. شوریده، م. تسلیمی، ا. عزیزی، م. و محمدی‌فر، م. 1390. بررسی تاثیر D تاگاتوز و اینولین بعنوان جایگزین ساکارز بر خصوصیات فیزیکو شیمیایی و رئولوژیکی شکلات شیری. فصلنامه علوم و صنایع‌غذایی، دوره 8، شماره 29، 125-113.

7. فرزان‌مهر، ح. عباسی، س. و سحری، م. 1387. ارزیابی تاثیر جایگزین‌های قند روی برخی ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، رئولوژیکی و حسی شکلات شیری. مجله علوم تغذیه و صنایع‌غذایی ایران، شماره 10، 82-65.

8. قائمی، ه. حصاری، ج. و پوراحمد، ر. 1389. تولید پنیر سفید فراپالایشی سین‌بیوتیک با استفاده از سویه پروبیوتیک *Lactobacillus acidophilus* و اینولین، مجله الکترونیک فرآوری و نگهداری موادغذایی، جلد 2، شماره4، 32-19.

9. لشگری، ح. خسروشاهی‌اصل، ا. گلکاری، ح. اشرفی پورقانلو، ر. 1387. بررسی امکان تولید پنیر سفید ایرانی کم‌چربی و بهینه‌سازی ویژگی‌های آن با استفاده از صمغ عربی و گوار. مجله علوم تغذیه و صنایع‌غذایی ایران، شماره 10،3-1.

10. مهدیان، ا. گاراژیان، ر. و صبری، س. 1392. بررسی اثر جایگزینی چربی شیر با اینولین و کنسانتره پروتئینی شیر بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی بستنی کم‌چرب. مجله نوآوری در علوم و فناوری غذایی، شماره 4، 51-43.

11. میلانی، الف.، کدخدایی، رسول.، گلی‌موحد، غ.، حسینی، ف. 1391. بهینه‌سازی استخراج اینولین از ریشه بابا آدم توسط امواج فراصوت با استفاده از روش سطح پاسخ ، فصلنامه علمی- پژوهشی گیاهان دارویی. 11(2): 142-133.

12. Abd El-Khair, A.A. 2009. Optimization of a New Version of Chocolate Milk for Endurance Performance and Postexercise Recovery. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 5(4): 482-489.

13. Akalin, A.S., Karagözlü, C., and Ünal, G. 2008. Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin. European Food Research and Technology, 227: 889-895.

14. Akin, M.B., Akin, M.S. and Kirmaci, 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: 93–99.

15. Bolenz, S., Amtsberg, K., and Schape.R. 2006. The broader usage of sugars and fillers in milk chocolate made possible by the new EC cocoa directive. International Journal of Food Science and Technology, 41: 45–55.

16. Desmond, C., Ross, R.P., O'Callaghan, E., Fitzgerald, G. and Stanton, C. 2002. Improved survival of Lactobacillus paracasei NFBC 338 in spray-dried powders containing gum acacia. Journal of Applied Microbiology, 93: 1003–1011.

17. Devereux. H.M., Jones. G.P., McCormax. L. and Hunter. W.C. 2003. Consumer Acceptability of Low Fat Foods Containing

Inulin and Oligofructose. Journal of Food Science, 68 (5): 1850-1854.
18. El-Nagar, G., Clowes, G., Tudorica, C.M., Kuri, V. and Brennan, C.S. 2002. Rheological quality and stability of yog-ice cream with added inulin. International Journal of Dairy Technology, 55(2): 89-93.
19. Golob, T., Micovic, E., Bertoncelj, J., Jamnik, M. 2004, Sensory acceptability of chocolate with inulin. Acta agriculturae slovenica. 221-231.
20. Kaur, N. and Gupta, A.K. 2002. Application of inulin and oligofructose in health and nutrition .Journal of Bioscience, 27(2):703-714.
21. Kosikowski, F.V. 1981. Properties of commercial flavored frozen yoghurt. Journal of food protection, 44: 853-856.
22. Lei , H ., Ruan , R ., Fulcher , R . G ., van Lengerich , B. 2008 , Color development in an extrusion-cooked model system , International Journal of Agricultural and Biological Engineering , Vol. 1, PP . 55-63.
23. Milani, E., Koocheki, A. 2010. The effects of date syrup and guar gum on physical, rheological and sensory properties of low fat frozen yoghurt dessert. International Journal of Dairy Technology; 64 (1): 121-130
24. Oliveira, R.P.S., Perego, P., Converti, A. and Oliveira, M.N. 2009. Effect of inulin supplementation of milk to prepare fermented biomilks. Journal of Food Science, 14: 1-7.
25. Philips, G., Ogasawara, T. and ushida, K. 2008. The regulatory and scientific approach to defining gum Arabic as a diatery fiber. Food Hydrocolloids, 22: 24-35.
26. Soukoulis, C. and Tzia, C. 2008. Impact of the acidification process, hydrocolloids and protein fortifiers on the physical and sensory properties of frozen yogurt. International Journal of Dairy Technology. 61: 170-177.
27. Zimeri, J.E. and Kokini, A. 2003. Rheological properties of inulin–waxy maize starch systems. Journal of Carbohydrate Polymers. 51(1): 67-85.