مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

بررسی خصوصیات فیزیکی نشاسته استخراجی پیاز زعفران و استفاده آن در فرمولاسیون دسر لبنی

ساناز ندافی مقدم[۱]،حجت کاراژیان[۲]،زهره عبدی مقدم[۳*]

۱-دانش آموخته کارشناسی ارشد بهداشت و ایمنی موادغذایی، دانشگاه علوم پزشکی گناباد، گناباد، ایران

۲- گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تربت حیدریه، تربت حیدریه، ایران

۳ -گروه تغذیه و علوم غذایی، دانشگاه علوم پزشکی گناباد، گناباد، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۶/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۸

کلمات کلیدی:

نشاسته ذرت،

پیاز زعفران،

خصوصیات رئولوژیکی،

دسرلبنی،

بافت‌سنجی

DOI:10.22034/FSCT.22.163.151.

* مسئول مکاتبات:

z.abdimoghadam1@gmail.com

چکیده

نشاسته، کربوهیدرات ذخیره‌سازی است که به دلیل بهبود ویژگی‌های بافتی و خواص رئولوژیکی میتوان از آن برای تعدیل قوام فراورده‌های غذایی لبنی، استفاده کرد. بنه زعفران مقدار نشاسته قابل توجهی دارد و سالانه مقادیر زیادی بنه زعفران در کشور تولید می شود. هدف از این پژوهش، تهیه دسر لبنی با درصد های مختلف نشاسته پیاز زعفران جایگزین با نشاسته ذرت و بررسی خصوصیات فیزیکی و رئولوژیکی و نیز امکان پذیری استفاده از نشاسته پیاز زعفران در فرمولاسیون دسر لبنی است. ابتدا استخراج نشاسته پیاز زعفران به کمک آب و سانتریفوژ انجام شد و آزمون‌های شفافیت خمیر، حداقل غلظت ژل دهی، قدرت تورم، حلالیت، جذب آب و تعیین رفتار جریان نمونه‌ها با استفاده از مدل‌های رایج قانون توان، مدل هرشل‌باکلی و مدل بینگهام برای برازش داده‌های تنش برشی بر درجه برش صورت گرفت. سپس ۵ نمونه دسر لبنی با ۰ (شاهد)، ۵ ، ۱۰ ، ۱۵ و ۲۰ درصد نشاسته پیاز زعفران جایگزین با نشاسته ذرت تهیه شد و بافت، آب اندازی، رنگ و ارزیابی حسی دسرها مورد بررسی قرار گرفت. برازش مدل‌ها نشان داد که از بین مدل‌های موجود تنها مدل قانون توان بخوبی بیانگر رفتار جریان نمونه‌ها می باشد. مقدار ضریب قوام نمونه‌ها،*K*، از ۰/۸۶۵ تا ۰/۵۵۷ متغیر بود و عدد شاخص رفتار جریان برای نشاسته پیاز زعفران ۰/۳۶ بود. ویسکوزیته ظاهری نیز با افزایش سرعت برشی، کاهش یافت. نتایج بافت سنجی دسرها نیز نشان داد نیروی چسبندگی، خاصیت صمغی بودن و سختی دسر با افزایش درصد جایگزینی نشاسته کاهش و پیوستگی نمونه‌ها تغییر معنی داری نداشته است و افزایش نشاسته پیاز زعفران منجر به نرمی بافت شد. با افزایش درصد نشاسته پیاز زعفران، آب اندازی و روشنایی (L*) نیز کاهش یافت و آنالیز خصوصیات حسی برای هیچ کدام از تیمار ها در پارامتر های رنگ، بافت، طعم، بو و مقبولیت کلی معنی دار نبود ($p>0.05$). با توجه به یافته های مطالعه حاضر، سوسپانسیون نشاسته پیاز زعفران جزو سیالات غیرنیوتنی از نوع سودوپلاستیک است و نمونه نشاسته پیاز زعفران برای بکارگیری در فرمولاسیون هایی که بافت لزجی کمتر یا احساس دهانی مطلوب تر مورد نیاز است، بسیار مناسب است. تولید دسر لبنی با استفاده از نشاسته پیاز زعفران امکان پذیر بود و نسبت به دسر تهیه شده از نشاسته ذرت نرمی مناسب‌تری دارد اما از لحاظ رنگ‌سنجی امتیاز کمتری دریافت نمود و در هیچ پارامتر حسی از جمله طعم، بو و بافت اختلاف معنی داری با نمونه شاهد نداشت.

۱-مقدمه

نشاسته مهمترین منبع انرژی ذخیره‌ای در گیاهان به شمار می‌رود که به وفور در دانه غلات و گیاهان غده‌ای یافت می‌شود[۱]. نشاسته در گیاه به صورت گرانولی ذخیره می شود[۲]. از نقطه نظر عملکردی، نشاسته موجود در غلات (ذرت، گندم، برنج و غیره)، حبوبات (لوبیا، عدس، نخود و غیره)، غده ها و ریشه ها (سیب زمینی، سیب زمینی شیرین، کاساوا، و غیره) و میوه های نارس (چنار، انبه، سیب و غیره) هنگامی که پخته می شوند و به طور مستقیم مصرف می شوند یا برای تهیه غذاهای فرآوری شده مثل محصولات نانوایی، تورتیلا، ماکارونی و غیره استفاده می شوند عملکردی از جمله ویسکوزیته، احتباس آب، احساس دهانی و غیره می دهند[۳, ٤]. ارزش غذایی نشاسته به جنبه های بیرونی و ویژگی های ذاتی مانند اندازه گرانول، نسبت آمیلوز به آمیلوپکتین، توزیع آمیلوپکتین در طول زنجیره و آرایش اجزای نشاسته در گرانول بستگی دارد[۵]. ویژگی های منحصر به فرد نشاسته باعث شده است تا بتوان از این ترکیب پلیمری به صورت گسترده در صنایع مختلف استفاده نمود که در این بین صنعت غذا سهم عمده ای را به خود اختصاص داده است[۱].

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی گرانول نشاسته تعیین‌کننده خواص عملکردی و همچنین سرعت و کیفیت هضم آن در فرآورده‌های غذایی است[۲]. از خواص مهم فیزیکوشیمیایی این محصول جریان پذیری ویژگی‌های رئولوژیکی آن است[٦]. نشاسته حاصل از هریک از منابع گیاهی دارای یکسری خصوصیات رئولوژیکی می‌باشد که با وارد کردن در یک دسر لبنی می‌توان خصوصیات فیزیکی آن را مورد ارزیابی قرار داد.

زعفران (Crocussativus L.) یکی از گران‌ترین و بی‌نظیرترین ادویه‌های جهان است که از گل زعفران استحصال می‌شود. سایر بخش‌های گل زعفران مانند پرچم، گلبرگ و بنه زعفران نیز حاوی ترکیبات منحصر به فرد و با ارزشی هستند که استخراج آنها ارزش افزوده بالایی ایجاد می‌کند[۲].گیاه زعفران ساقه‌ای زیرزمینی به نام بنه دارد که تکثیر آن به دلیل عقیم بودن، از طریق رویشی و فقط بوسیله‌ی کشت بنه صورت می‌گیرد. [۷].

نشاسته در صنعت غذا از منابع مختلفی شامل ذرت، برنج، گندم، سیب زمینی، کاساوا، موز و سورگوم بدست می‌آید[۸]. در کنار این منابع بنه زعفران مقدار نشاسته قابل توجهی دارد که مقدار آن از سیب زمینی بیشتر و از برنج کمتر است. نشاسته حدود ۸۰ درصد وزن بنه زعفران را تشکیل می‌دهد. لذا یکی از مهم‌ترین و ارزان‌ترین کاربردهای بنه زعفران تولید نشاسته است. از بنه زعفران می‌توان نشاسته با راندمان حدود ٤۳ درصد استخراج نمود. نشاسته بنه زعفران بالاترین میزان آمیلوز را دارا است. همچنین از نشاسته بنه زعفران میتوان فیلم خوراکی تهیه نمود[۲]. بنابراین برای مصارف انسانی فاقد سمیت است. برای تایید این موضوع می توان به مطالعه عین افشار و همکاران اشاره کرد که بنه زعفران را به روش استخراج با حلال به کمک اولتراسوند جدا کرده و برای ارزیابی سمیت حاد و تحت مزمن، عصاره در سه دوز مختلف ۱، ۱۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم به موش های نر تجویز شد. طبق این مطالعه بنه زعفران سمیت حاد و تحت مزمن معنی‌داری روی موش‌های BALB/c نداشت و اگرچه اثرات سمی روی سلول‌های سرطانی داشت، هیچ سمیت سلولی روی سلول‌های فیبروبلاست طبیعی مشاهده نشد[۹]. ایران نیز بزرگترین تولیدکننده زعفران در دنیا است و از طرفی سالانه مقادیر زیادی بنه زعفران در کشور تولید می‌شود. با توجه به سطح زیر کشت زعفران در خراسان بزرگ ، و احتساب میزان بنه زعفرانی که صرف کشت مجدد و یا توسعه کشت زعفران در کشور می‌شود، در سال ۱۳۹٦ حدود ۲۰۰ هزار تن بنه زعفران کاملا مازاد و ضایعاتی در کشور وجود داشته است[۲].

با توجه به اینکه عمر مفید مزارع زعفران برای گلدهی با توجه به تراکم کشت اولیه از ۵ تا ۱۰ سال متغیر می‌باشد، پس از این زمان به علت تکثیر زیاد بنه‌ها و کمبود فضا برای رشد رویشی بنه‌ها و ضعیف شدن خاک، عملکرد مزرعه به شدت کاهش می‌یابد. در این زمان لازم است تا بنه‌های زعفران برای کشت در مزرعه جدید از زمین خارج شوند[۱۰]. از آنجا که اندازه بنه از عوامل اصلی و تعیین کننده ظرفیت گلدهی در زعفران است[۱۱]، لذا برای کشت، بنه‌های درشت انتخاب می شوند. در نتیجه بنه‌های ریز با وزن کم برای کشت مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. با توجه به این که بنه‌ها برای حیوانات جوان سمی هستند [۱۲] نمی‌توان از آن‌ها به عنوان خوراک دام نیز استفاده کرد. بنابراین سالانه مقدار زیادی از بنه های ریز با وزن کم جزء ضایعات محسوب می‌شود[۲]. با توجه به سطح زیر کشت وسیع زعفران در خراسان رضوی که معاون سازمان جهاد کشاورزی آن را ۹۶ هزار هکتار در سال ۱۴۰۳ اعلام کرده است [۱۳] و طبق تحقیقات، زمینی که یکبار زیر کشت زعفران رفته دوباره قابل کشت برای این محصول نیست در آینده ای نه چندان دور افزایش انفجاری تولید بنه زعفران خواهیم داشت بنابراین اگر بتوان از این حجم بنه زعفران مازاد، مواد با ارزش و کاربردی استخراج کرد از یک ماده ضایعاتی مواد با ارزش افزوده بالا تولید می‌شود[۲].

دسرهای لبنی از محبوبیت گسترده‌ای میان گروه‌های سنی مختلف برخوردار می‌باشند. دسرهای لبنی نیمه جامد گروهی از دسرهای لبنی می‌باشند که ترکیبات اصلی تشکیل‌دهنده آن‌ها شامل شیر، قوام‌دهنده (نشاسته یا هیدروکلوئید)، ساکاروز، طعم‌دهنده و رنگ‌دهنده می باشد[۱۴]. امروزه، طیف گسترده‌ای از دسرهای لبنی نیمه جامد با فرمولاسیون، بافت، طعم، ظاهر و شرایط فرآوری گوناگون به بازار عرضه می‌شود با این حال، ویژگی‌های رئولوژیکی و حسی این گروه از محصولات به شدت تحت تأثیر ویژگی ترکیبات اولیه همچون نوع نشاسته می‌باشد[۱۵]. با تهیه دسر لبنی از نشاسته پیاز زعفران می‌توان خصوصیات فیزیکی و رئولوژیکی و نیز امکان‌پذیری استفاده از نشاسته پیاز زعفران را در فرمولاسیون دسر لبنی بررسی کرد .

هدف این پژوهش، تعیین خصوصیات فیزیکی خمیر نشاسته، تعیین امکان‌پذیری تولید دسر لبنی با استفاده از نشاسته پیاز زعفران و نیز تعیین خواص جریان‌پذیری دسر لبنی تهیه شده با نشاسته پیاز زعفران و مقایسه آن با دسر لبنی تهیه شده از نشاسته ذرت می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد اولیه

در این پژوهش، از پیاز زعفران موجود در تربت حیدریه جهت استخراج نشاسته و برای تهیه دسر لبنی از شیر کم چرب فراپاستوریزه پگاه، خامه فرادما هومان، گلاب نوش‌گل استفاده شد و شکر، نشاسته ذرت، ژلاتین و وانیل از فروشگاه خریداری شد.

۲-۲- استخراج نشاسته

جهت استخراج نشاسته، پیازهای زعفران با وزن کمتر از ۱۰ گرم ترجیحا در زمان خواب (خرداد تا تیرماه) از مزارع برداشت گردید. پوسته های بیرونی آن‌ها جدا و سپس با آب مقطر شست وشو داده شدند (شکل ۱) و ورقه ورقه و سپس خشک شدند. نمونه خشک شده با آسیاب به پودر نرم تبدیل و از الک شماره ۳۵ عبور داده شد. به میزان سه برابر وزن پودر آب افزوده و با همزن مکانیکی با دور ۶۵۰ به مدت دو ساعت هم زده و سپس از یک پارچه صافی (گاز استریل) عبور داده شد و بر روی صافی مجدداً فرایند استخراج انجام گرفت. زیر صافی دو مرحله با هم مخلوط شده و پس از مدتی که نشاسته ته نشین شد مایع رویی را با پیپت خارج کرده و گرانول های نشاسته مایع ته نشین شده با سانتریفوژ با دور ۲۰۰۰ به مدت ۱۰ دقیقه کاملاً از آب جدا شدند. مجدداً محلول رویی را خارج کرده و نشاسته را به کمک قاشقک و

مقدار کمی آب مقطر جدا و به سینی منتقل کرده و در آون با دمای ۳۵ درجه سانتی گراد تا روز بعد خشک گردید. در نهایت آن ها را آسیاب کرده و در ظرف پلی اتیلن نگهداری شد[۲].

شکل ۱: (الف) پیاز های زعفران بدون پوشال (ب) پیاز های زعفران کاملا پوست کنده

۲-۳- تهیه دسر لبنی

جهت تهیه ۹۲۰ گرم دسر میزان ۷۵٦ گرم شیر کم چرب فرادما را با ٤٥ گرم خامه فرادما مخلوط کرده و در حمام آب قرار داده تا دمای آن به ٤٠ درجه سانتی گراد برسد. سپس مخلوط مواد خشک شامل ٥٤ گرم شکر، ٣٦ گرم نشاسته مخلوط ذرت و پیاز زعفران و نیز ژلاتین با مقدار ۰/۷۵٪ به آرامی افزوده و ۱۰ دقیقه در دمای ٤٠ درجه سانتی گراد جهت آبگیری ذرات جامد قرار گرفت و در این مدت مخلوط به طور مدام همزده شد. سپس دمای محصول در حمام آب گرم به ۹۰ درجه سلسیوس رسید و ۱۰ دقیقه در این دما ماند. بعد از این مدت دسر در یک فلاسک سردکننده قرار داده شد تا دمای محصول به ٤٠ درجه سانتی گراد برسد. سپس ۱ گرم وانیل و ۲۸ گرم گلاب افزوده و ۱دقیقه همزده شد. سپس دمای محصول به ٤ درجه سانتی گراد رسانده شد و تا زمان انجام آزمون های بعدی در این دما نگهداری شد. در این پژوهش نشاسته پیاز زعفران با مقادیر ۰ ، ۵٪ ، ۱۰٪ ، ۱۵٪ و ۲۰٪ وزنی جایگزین نشاسته در فرمولاسیون دسر لبنی تولیدی شد[۱٦].

۲-٤-۱- شفافیت خمیر نشاسته

مطابق روش احتیاطی (Ehtiati, 2018)، سوسپانسیون ۱ درصد نشاسته تهیه و ژلاتینه شدن طی ۳۰ دقیقه حرارت دهی در حمام آب جوش انجام شد. پس از سرد کردن لوله ها در دمای اتاق به مدت ۱۰ دقیقه، درصد عبور نور از نمونه به وسیله اسپکتروفوتومتر مدل Unico در طول موج ٦۵۰ نانومتر در برابر آب مقطر به عنوان نمونه شاهد، اندازه گیری شد[۱۷].

۲-٤-۲- حداقل غلظت ژل دهی

سوسپانسیون نشاسته (۵- ۱۰ درصد وزنی) تهیه و بعد از حرارت‌دهی یک ساعته در آب جوش، تا دمای ٤ درجه سانتیگراد سرد گردید و به مدت ۲ ساعت در دمای یخچال نگهداری شد. با وارونه‌کردن لوله‌ها، غلظتی از خمیر نشاسته که در لوله جریان نیابد، حداقل غلظت ژل دهی نشاسته خواهد بود[۱۸].

۲-٤-۳- قدرت تورم[1]، حلالیت[2] و جذب آب[3]

به منظور تعیین میزان تورم و حلالیت نشاسته، یک گرم از نمونه ها توزین و با ۳۰ میلی لیتر آب مقطر مخلوط شدند. سپس به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۹۵ درجه سانتی گراد قرار گرفتند و مرتباً به هم زده شدند. مخلوط بوسیله آب سرد در مدت ۵ دقیقه به دمای اتاق رسانده شد. در مرحله بعد، ۱۵دقیقه در ۷۰۰۰ rpm سانتریفیوژ شدند و مایع شفاف فوقانی به ظرفی با وزن مشخص منتقل شد و در دمای ۱۲۰ درجه سانتی گراد به مدت ٤ ساعت خشک و وزن شد و میزان حلالیت طبق رابطه ۱محاسبه گردید. همچنین قدرت تورم و جذب آب طبق رابطه های ۲ و ۳ محاسبه گردیدند[۱۹].

(۱)

$$\text{درصد حلالیت} = \frac{\text{وزن مایع فوقانی خشک شده}}{\text{وزن نشاسته خشک اولیه}} \times ۱۰۰$$

(۲)

$$\text{میزان جذب آب} = \frac{\text{وزن رسوب در لوله سانتریفوژ}}{\text{وزن خشک نشاسته}}$$

(۳)

$$\text{قدرت تورم} = \frac{\text{رسوب باقی مانده}}{(\text{میزان حلالیت} - 100) \times \text{وزن نشاسته خشک اولیه}}$$

۲-٤-٤- پارامترهای رئولوژیکی

اندازه گیری ویسکوزیته و پارامترهای رئولوژیکی شاخص رفتار جریان[4] (n) و ضریب قوام[5] (k) با استفاده از ویسکومتر چرخشی[6] (Bohlin مدل ۸۸ Visco، انگلستان) به همراه اسپیندل[7] مناسب در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد و در دامنه سرعت برش ۰ تا ۱۵۰ معکوس ثانیه انجام شد. در عمل پارامترهای فوق از طریق برازش مدل‌های رئولوژیکی مشهور (روابط ٤ و ۵ و ٦) بر داده‌های آزمون تنش برش - سرعت برش تعیین گردیدند[۲۰, ۲۱].

۲-٤-٤-۱- مدل قانون توان

مدل قانون توان، رایج ترین مدل پیشگویی رفتار سیالیت غذایی غیر نیوتنی می‌باشد و سایر مدل ها تقریباً به نوعی از این مدل مشتق شده‌اند. در این مدل رابطه بین تنش برشی (τ) و درجه برش ($\dot{\gamma}$) به صورت رابطه ٤ است:

رابطه (٤) $\tau = k\,\dot{\gamma}^{n}$

در این معادله k ضریب قوام ($Pa\,.\,S^{n}$) و n شاخص رفتار جریان (بدون بعد) می‌باشد. k بزرگی ویسکوزیته سیال و n میزان نزدیکی رفتار سیال به سیال نیوتنی را نشان می‌هد. در سیالات نیوتنی n برابر ۱ است و در نتیجه k دقیقاً معادل وسیکوزیته سیال می‌باشد. چنانچه $n < ۱$ باشد، سیال را شل شونده با درجه برش یا سود و پلاستیک می‌نامند، اگر $n <$ ∞ ۱ باشد، سیال سفت شونده با درجه برش یا دایلاتانت نامیده می‌شود.

۲-٤-٤-۲- مدل هرشل بالکلی

سیالات پلاستیک دیگری وجود دارند که رفتار آن ها با مدل قانون توان قابل توصیف نیست، بلکه مدل‌های مناسب‌تری مانند هرشل بالکلی برای آن‌ها به کار می‌رود. درصورتی که نمونه ای دارای تنش تسلیم باشد، می‌توان این مقدار تنش را به مدل قانون توان اضافه کرد که در نتیجه مدل هرشل بالکلی حاصل می‌شود. شکل ریاضی این مدل به صورت رابطه ۵ است :

رابطه (۵) : $\tau = \tau_{0H} + k_H(\dot{\gamma})^{n_H}$

1- Swelling power

2- Solubility

3- Water absorption

4 -Flow behavior index

5- Consistency coefficient

6- Rotational viscometer

7 -Spindle

در معادله فوق τ_{0H} ، k_H و n_H به ترتیب تنش تسلیم (Pa)، ضریب قوام ($Pa.S^n$) و شاخص رفتار جریان مدل هرشل بالکلی (بدون بعد) است.

۲-٤-٤-۳- مدل بینگهام

سیالات پلاستیک دیگری وجود دارند که رفتار آن ها با مدل های هرشل بالکلی و قانون توان قابل توصیف نیست، بلکه مدل مناسب تری بنام بینگهام برای آن ها به کار می‌رود. شکل ریاضی این مدل به صورت رابطه ٦ است:

رابطه (٦) : $\tau=\tau_0+\eta B_\gamma$

که در این رابطه τ_0و ηB به ترتیب تنش تسلیم (Pa) و ویسکوزیته پلاستیک بینگهام ($Pa.s$) می‌باشد.

۲-٤-٤-٤- ارزیابی مدل های رئولوژیکی

برای انتخاب بهترین و مناسب‌ترین مدل که بتواند رفتار نمونه‌های تولیدی را به خوبی پیش‌بینی و توصیف کند، از پارامتر آماری رایج ضریب تبیین (R^2) استفاده گردید. این مقدار بین صفر و یک است. هر چه ضریب تبیین بزرگ‌تر باشد، نشان‌دهنده همبستگی بیشتر میان مقادیر پیش بینی شده توسط مدل و مقادیر عددی حاصل از آزمایش می‌باشد.

۲-۵- آزمون‌های دسر لبنی

۲-۵-۱- بافت‌سنجی

آزمون پروفایل بافت[8] نمونه‌ها با استفاده از دستگاه بافت سنج (LLOYD مدل TA Plus Ametek,UK) بعد از ۷۲ ساعت نگهداری در دمای ۷ درجه سانتیگراد انجام شد. سرعت نفوذ ۱ میلی‌متر در ثانیه درنظر گرفته شد. پروب استوانه‌ای با طول ۲۰ میلی‌متر، قطر ۲/۳ سانتی‌متر بود. برای این منظور نمونه‌های دسر به ابعاد ۲۰×۲۰×۲۰ میلی‌متر برش زده شدند. نیروی دستگاه روی ۵۰۰ نیوتن و سرعت پروب ۲۰ میلیمتر بر دقیقه تنظیم شد. هر آزمایش در دو تکرار انجام شد. در این آزمون سختی[9] (نیوتن)، انسجام[10]، صمغیت[11] (نیوتن)، جوید ن[12] (نیوتن میلی‌متر)، نیروی‌چسبندگی[13](نیوتن) و چسبندگی[14] (نیوتن میلی متر) اندازه گیری شد[١٦].

۲-۵-۲- آب‌اندازی (سینرسیس)

برای اندازه‌گیری سینرسیس، ۱۰ گرم از نمونه در داخل لوله سانتریفیوژ دستگاه توزین (شکل ۷-۳) و سپس در سرعت ۵۰۰۰ rpm به مدت نیم ساعت سانتریفیوژ شد. میزان محلول رویی جدا شده توزین و بعد از تقسیم کردن بر مقدار اولیه (۱۰ گرم نمونه) به صورت درصد سینرسیس و طبق معادله ۷ گزارش شد.[۲۲]

$$\text{درصد آب‌اندازی} = \frac{\text{مقدار محلول رویی جدا شده}}{\text{مقدار اولیه محصول}} \times ۱۰۰ \quad (۷)$$

۲-۵-۳- رنگ سنجی

به منظور ارزیابی رنگ و تعیین فاکتورهای رنگ سنجی (L^*، a^* و b^*) برای دسر لبنی از دستگاه رنگ‌سنج (HunterLab Reston, VA made in U.S.A) استفاده شد[۲۳].

۲-٥-٤- ارزیابی حسی

ارزیابی حسی دسر لبنی براساس آزمون هدونیک ۹ نقطه‌ای صورت گرفت. نمره ۹ بیشترین و نمره ۱ کمترین نمره است. در این آزمون، دسرهای لبنی با درصدهای مختلف نشاسته

8 -TPA (Texture Profile Analysis)

9 -Hardness

10 -Cohesiveness

11- Gumminess

12- Chewiness

13- Adhesive Force

14 -Adhesiveness

پیاز زعفران توسط ۱۴ نفر ارزیاب خانگی با توجه به رنگ، بو، طعم، بافت و مقبولیت کلی مورد ارزشیابی قرار گرفت.

۲-۶- آنالیز آماری

در این پژوهش ازطرح آماری کاملاً تصادفی استفاده و آزمون ها سه مرتبه تکرار شد. جهت تجزیه و تحلیل نتایج ارزیابی حسی، از نرم افزار ssps ورژن ۲۱ و آزمون ANOVA یک طرفه استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی و رئولوژیکی نشاسته پیاز زعفران

۳-۱-۱- شفافیت خمیر نشاسته

شفافیت خمیر نشاسته، نقش اساسی در کاربردهای غذایی به ویژه فراورده‌های ژله‌ای دارد. طی ژلاتینه شدن نشاسته در غلظت کم، گرانول ها متورم شده و در نهایت از هم گسسته و به ذرات گرانول تبدیل می‌شوند. هرچه ذرات ایجادشده کوچکتر باشند، عبور نور بیشتر شده و شفافیت افزایش می‌یابد[۲۴].

نتیجه شفافیت سوسپانسیون ۱٪ نشاسته پیاز زعفران در این پژوهش ۱/۸۰۴ درصد بدست آمد که از عدد شفافیت نشاسته ذرت بدون تیمار در زمان صفر در مطالعه گلکار و همکاران (۱۳۹۹) که ۲/۱۵ درصد بود کمتر است. شفافیت با کاهش درجه پلیمریزاسیون نشاسته و در نتیجه شکست بخشی پیوندهای گلیکوسیدی بین واحدهای گلوکز و در نتیجه رهایش آمیلوز در ارتباط است[۲۵]. تعدادی از محققین این اتفاق را تأیید نموده؛ اما برخی دیگر آن را رد کرده‌اند[۲۶-۲۸].

شکرالهی و همکاران (۱۴۰۲) نیز که روی تأثیر پلاسمای هوا و آرگون بر شفافیت نشاسته سورگوم کار کردند میزان شفافیت خمیر نشاسته سورگوم را در حالت شاهد ۱۴/۰۲ درصد بدست آوردند [۲۹] که این عدد بیشتر از عددی است که برای شفافیت خمیر نشاسته پیاز زعفران (۱/۸۰۴ درصد) بدست آمد. افزایش گروه های هیدروکسیل موجب افزایش پیوند هیدروژنی با مولکول‌های آب و افزایش شفافیت میگردد[۲۴]. حضور گروه‌های آبدوست و حجیم کربوکسیل و دافعه میان آنها نیز می تواند سبب افزایش شفافیت شود[۳۰].

۳-۱-۲- حداقل غلظت ژل‌دهی

افزایش حداقل غلظت ژل‌دهی به معنی افزایش میزان نشاسته مورد نیاز جهت تشکیل یک بافت ژله‌ای بوده که حالت جریان‌پذیری در ظرف نداشته باشد[۱۸]. در این پژوهش غلظت‌های ۵٪ تا ۱۰٪ در سه تکرار تهیه شد و فقط غلظت ۱۰ ٪ هر سه تکرار بدون بازگشت ژل بود.

سوجکا و جامروز (۲۰۱۳) گزارش کردند که حداقل غلظت ژل دادن نشاسته ذرت فراصوت شده در مقایسه با نمونه بدون فرایند بالاتر است[۱۸]. گلکار و همکاران (۱۳۹۹) نیز به مقایسه حداقل غلظت ژل‌دهی نمونه‌های فراصوت شده (نشاسته ذرت و نشاسته ذرت صمغ- عربی) و بدون تیمار پرداختند که نمونه ذرت-صمغ عربی فراصوت شده با دمای ۴۵ °C بیشترین حداقل غلظت ژل دهی (تقریبا ۹/۵ درصد) را داشت و سایر نمونه‌ها کمتر از این مقدار بودند [۲۵].

۳-۱-۳- تورم، حلالیت و جذب آب

قدرت تورم نشان‌دهنده میزان برهمکنش‌های بین زنجیره‌ها در بخش آمورف وکریستالی است. به عبارت دیگر، پارامتر قدرت تورم بیانگر توانایی گرانول‌های نشاسته در هیدراته شدن طی فرآیند پختن و حرارت دهی در ۹۰ °C می باشد[۳۱] که در این مطالعه قدرت تورم نشاسته پیاز زعفران ۹/۳۱ درصد بدست آمد. در پژوهش نادیان و همکاران (۱۴۰۱) نیز میزان جذب آب و تورم نشاسته کینوا تی تی

کاکا[15] نسبت به نشاسته گندم پیشگام به طور معناداری بیشتر بود. قدرت تورم برای نشاسته گندم ۸/۲۵ درصد و برای نشاسته کینوا ۹/۳۵ درصد حاصل شد[۳۱] و از این نظر قدرت تورم نشاسته پیاز زعفران (۹/۳۱ درصد) بین این دو عدد قرار داشته‌است. محتوای آمیلوز پایین و آمیلوپکتین با زنجیره بلند در نشاسته کینوا [۳۲]، اندازه ذرات و گرانول های کوچکتر در نشاسته سبب افزایش میزان جذب آب و تورم آن نسبت به نشاسته گندم شده‌است[۳۳]. لیند بوم[16] در سال ۲۰۰۵ نیز به رابطه معکوس محتوای آمیلوز و قدرت تورم اشاره کرده است[۳٤]. بنابراین می‌توان به محتوای آمیلوز پایین نشاسته پیاز زعفران نیز پی‌برد.

در مطالعه شکرالهی و همکاران (۱٤۰۲) قدرت تورم برای نشاسته سورگوم در حالت شاهد و بدون تاثیر پلاسمای هوا و آرگون، ٤/۰۱ بود [۲۹] که کمتر از قدرت تورم نشاسته پیاز زعفران است. قدرت تورم نشاسته گندم نیز در محدوده g/g ۱۲/٦٤ تا ۱٦/۷۵ گزارش شده‌است[۳۱]. تازیکی شمس‌آبادی و رضوی (۱٤۰۲) قدرت تورم نشاسته گندم را در پژوهش خود، g/g ۱۳/۱۱ تخمین زدند [۳۵] و این اعداد بیشتر از قدرت تورم نشاسته پیاز زعفران است.

حیدری و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند که تورم نشاسته بستگی به درجه حرارت قبل از ژلاتیناسیون دارد[۳٦]. شکرالهی و همکاران (۱٤۰۲) در پژوهش خود بیان کردند که افزایش دما منجر به افزایش تورم می‌شود که احتمالاً به دلیل افزایش تحرک و انرژی مولکول‌های آب برای نفوذ به گرانول و غلبه بر پیوندهای هیدروژنی درون و بین‌مولکولی است[۲۹]. تجزیه جزئی پیوندهای هیدروژنی درون و بین‌مولکولی نشاسته منجر به آشکار شدن و بی‌حفاظ‌شدن گروه های هیدروکسیل و برقراری پیوند هیدروژنی بین این گروه‌ها با آب می‌شود. همچنین طی دپلیمریزاسیون، گروه‌های هیدروکسیل جدید تشکیل می‌شوند که توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی با مولکول آب و درنتیجه افزایش تورم را دارا هستند. احتمالا معرفی گروه‌های آبدوست کربوکسیل و همچنین دافعه میان بارهای منفی آنها هم می‌تواند منجر به افزایش تورم گردد. از طرفی آمیلوپکتین، عامل اصلی جذب آب و تورم گرانول نشاسته است و دپلیمریزاسیون شدید آن موجب کاهش تورم می‌شود. همچنین تخلخل شدیدتر گرانول و حضور یک ساختار اسفنج مانند در آن‌ها باعث می‌شود که گرانول آب را جذب کند، اما هنگام سانتریفوژشدن آن را از دست بدهد[۳۷]. تازیکی شمس‌آبادی و رضوی (۱٤۰۲) نیز نتیجه گرفتند در حضور صمغ دانه شاهی و با افزایش غلظت جایگزینی صمغ تا ٪۱۵ قدرت تورم نشاسته به صورت چشمگیر به میزان ٪٦۹ افزایش پیدا کرد[۳۵]. هیدروکلوئیدها از طریق تقویت برهمکنش مولکول‌های نشاسته باعث فشرده‌تر شدن شبکه گرانولی می‌شوند و این امر باعث افزایش نیروهای وارده بر آن‌ها شده و ورود آب به داخل شبکه گرانولی را تسهیل می‌کند و منجر به افزایش قدرت تورم گرانول‌های نشاسته می‌شود. این امر حل‌شدن و نشت آمیلوز به فاز پیوسته را نیز تسهیل می‌کند اما آمیلوز نشت‌یافته و هیدروکلوئید در فاز پیوسته یک فیلم در اطراف گرانول‌ها ایجاد می‌کنند و از تورم بیشتر و نشت پلیمرها جلوگیری می‌کنند.

حلالیت نشاسته به معنای از دست دادن نظم مولکولی در درون گرانول‌ها و افزایش مواد جامد محلول در فاز پیوسته می‌باشد. حلالیت و در نتیجه نشت مولکول‌های آمیلوز به فاز پیوسته نیز منجر به پدیده بیاتی از خصوصیات عملکردی نشاسته می‌گردد. پدیده بیاتی نشاسته یک مسئله مهم در محصولات فرآوری‌شده بر پایه نشاسته می‌باشد. این پدیده نامطلوب، طی مدت زمان نگهداری آب‌اندازی را به دنبال

15 -TTKK Quinoa starch

16- Lindeboom

دارد، از قابلیت پذیرش محصولات غذایی می‌کاهد و زمان نگهداری آن‌ها را کوتاه می‌کند[۳۸]. در این پژوهش حلالیت نشاسته پیاز زعفران ۱۱/۷۶ ٪ بود. حلالیت نشاسته گندم و کینوا نیز در مطالعه نادیان و همکاران (۱۴۰۱) به ترتیب ۱۲/۹ درصد و ۱۴/۱۹ درصد بدست آمد [۱] که بیشتر از حلالیت نشاسته پیاز زعفران است. حلالیت نشاسته معمولی گندم در دمای C °۹۵ حدود ۵ تا ٪۷ گزارش شده‌است[۳۸] اما در پژوهش تازیکی شمس‌آبادی و رضوی (۱۴۰۲) حدود ٪۸ بدست آمد. آن‌ها بیان کردند حلالیت گرانول‌های نشاسته تحت تأثیر جایگزینی صمغ دانه شاهی و ساکارز قرار گرفته‌است. از نظر آماری جایگزینی آن‌ها بر تغییرات درصد حلالیت معنی‌دار نبود اما حضور صمغ دانه شاهی در سیستم منجر به افزایش چشمگیر درصد حلالیت نشاسته گندم شد و مقدار آن از حدود ٪۸ به ٪۲۱ رسید[۳۵]. افزایش درصد حلالیت نشاسته در حضور هیدروکلوئیدها توسط لطفی و همکاران (۱۳۹۶) نیز گزارش شده است[۳۹]. ونگساگونساپ[17] و همکاران (۲۰۱۴b) گزارش کردند که با افزایش تورم نشاسته های اتصال یافته، حلالیت افزایش یافته و با کاهش تورم از مقدار حلالیت نیز کاسته شده است[۴۰]. جذب آب نیز با میزان نشت آمیلوز از گرانول‌ها در طی ژلاتینه شدن رابطه مستقیم دارد. در این مطالعه جذب آب نشاسته پیاز زعفران g/g ۸/۲۳ حاصل شد که بیشتر از جذب آب نشاسته گندم و کینوا (g/g ۶/۱۴، g/g ۶/۶۷) در مطالعه نادیان و همکاران (۱۴۰۱) بود[۱]. بنابراین میزان نشت آمیلوز از گرانول‌ها در نشاسته پیاز زعفران بیشتر از گندم و کینوا است. حیدری و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند که افزایش غلظت نشاسته موجود در دیسپرسیون منجر به افزایش ظرفیت جذب آب و کاهش قابل ملاحظه در ویسکوزیته خواهد شد[۳۶].

هدایتی و همکاران (۱۳۹۷) نیز تاثیر ساکارز و گلوکز را بر میزان جذب آب نشاسته ذرت بررسی کردند. آن‌ها میزان جذب آب نشاسته ذرت در حالت شاهد را g/g ۸/۷۰ گزارش کردند. نتایج آزمون جذب آب آن‌ها نشان داد که با افزایش غلظت قندها، جذب آب نشاسته کاهش معنی‌داری (۰/۰۵ p value) یافت[۴۱]. آمیلوز عامل ممانعت‌کننده از تورم گرانول‌های نشاسته است. یافته های هیراشیما و همکاران (۲۰۰۵) نشان داده است که قندها به زنجیره‌های آمیلوز درون گرانول‌های نشاسته متصل شده و مانع از خروج آن‌ها از گرانول‌های نشاسته در حین ژلاتینه‌شدن می‌گردند[۴۲]. ساکازر در مقایسه با گلوکز تاثیر بیشتری در کاهش جذب آب نشاسته داشته است. ساکارز یک دی ساکارید می‌باشد و در مقایسه با گلوکز که یک منوساکارید است تاثیر بیشتری در مهار تورم گرانول‌ها دارد[۴۱]. میرزا بابائی و همکاران (۲۰۲۲) نشان دادند که با به کارگیری تکنولوژی فشار هیدرواستاتیک بالا می توان کاربرد های نشاسته ها را در صنعت موادغذایی گسترش داد و به کارگیری فرایند فشار هیدرواستاتیک بالا می تواند منجر به افزایش قابلیت هیدراسیون نشاسته شود[۴۳].

۳-۱-۴- پارامترهای رئولوژیکی

برای تعیین رفتار جریان نمونه‌ها از مدل‌های رایج قانون توان، مدل هرشل باکلی و مدل بینگهام برای برازش داده‌های تنش برشی بر درجه برش استفاده شد. نتایج برازش داده‌ها در جداول ۱ و ۲ و۳ آورده شده است.

Table 1: Rheological parameters of the power law model of production samples

Treatment	*K*	*n*	R^2
Saffron corm starch	0.865	0.36	0.98

17- Wongsagonsup

Corn starch	0.557	0.46	0.98

$(\tau = k\gamma^{n})$

Table 2: Rheological parameters of Herschel's exact model of production samples

Treatment	τ_{0H}	k_H	n_H	R^2
Saffron corm starch	3.570	0.035	1.120	0.85
Corn starch	2.250	0.021	1.010	0.80

$$(\tau = \tau_{0H} + k_H(\dot{\gamma})^{n_H})$$

Table 3: Rheological parameters of Bingham model of production samples

Treatment	τ_0	η_B	R^2
Saffron corm starch	2.246	0.023	0.90
Corn starch	1.940	0.025	0.94

$(\tau=\tau\ 0+\ \eta B\gamma)$

برازش مدل‌ها نشان داد که از بین مدل‌های موجود تنها مدل قانون توان بخوبی بیانگر رفتار جریان نمونه‌ها می‌باشد. اولین یافته مهمی که می‌توان به آن پی‌برد این است که مقدار n برای هر دو نمونه تولیدی ، در محدوده بین صفر و یک قرار دارد که بر این اساس می‌توان بیان کرد که شاهد رفتار رئولوژیکی سیالات غیرنیوتنی از نوع رقیق‌شونده با برش[18] یا سودوپلاستیک[19] بوده‌ایم. رسم منحنی تنش برشی در برابر سرعت برشی در مورد نمونه نشاسته پیاز زعفران و همچنین نمونه نشاسته ذرت نشان داد که تنش برشی بصورت غیرخطی با سرعت برشی متناسب است. به عبارتی تنش برشی تابع خطی سرعت برشی نیست و شیب منحنی یا ویسکوزیته ثابت نمی‌باشد و بر این اساس هم می‌توان نتیجه گرفت که این دو نمونه رفتار جریان غیرنیوتنی از خود نشان داده اند (شکل۲).

19- Pseudoplastic

18- Shear Thinning

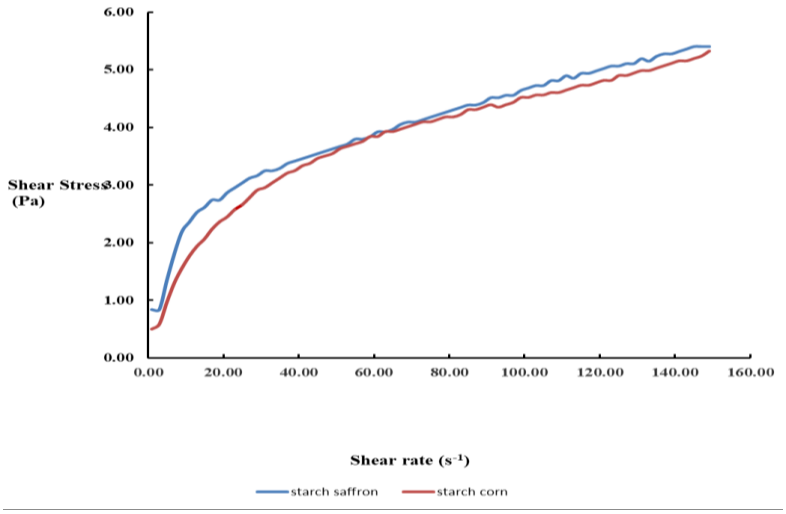

Figure 2- Shear stress curve against shear rate for saffron onion starch and corn starch

ضریب قوام[۲۰] یا k بیانگر شاخص ویسکوزیته ماده غذایی است. تغییرات ضریب قوام نشان‌دهنده نوع رفتار ویسکوزیته در مقابل درجه برش می‌باشد. مقدار ضریب قوام نمونه‌ها، K، از ۰/۸٦۵ تا ۰/۵۵۷ متغیر بود. ممکن است در نمونه نشاسته پیاز زعفران، درگیری های بین‌مولکولی و فرورفتگی‌های داخلی که منجر به افزایش ویسکوزیته و افزایش محدودیت رانش مولکولی در اثر درگیری بین زنجیره های پلیمری است باعث شده است که ویسکوزیته افزایش یابد.

همچنان که نتایج جداول ۱ و ۲ نشان می‌دهد نمونه‌ها دارای تنش تسلیم هستند. منظور از تنش تسلیم حداقل تنش برشی لازم برای شروع جریان می‌باشد. تنش تسلیم نشان‌دهنده یک تنش ابتدایی برای جریان یافتن سیال می‌باشد، چون در مقادیر کمتر از تنش تسلیم، سیال قادر به جریان یافتن نیست و رفتاری شبیه جامد دارد[٤٤].

میزان تنش تسلیم نمونه‌ها بر اساس مدل بینگهام (که ضریب تبیین آن در برابر مدل هرشل بالکلی بالاتر بود) ۲/۲٤٦ برای نشاسته پیاز زعفران و ۱/۹٤۰ برای نشاسته ذرت به دست آمد. شکل ۲ رفتار جریان نمونه‌ها را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که نمونه‌ها از نظر رئولوژیکی جزو سیالات غیرنیوتنی طبقه بندی می‌شوند.

رابطه بین ویسکوزیته ظاهری با درجه برش نمونه‌های تولیدی در شکل ۳ نشان داده شده‌است. همچنان که مشاهده می‌شود در هر دو نمونه کاهش ویسکوزیته ظاهری مشاهده می‌شود. در سرعت های برش پایین،کاهش شدید ویسکوزیته با سرعت برش صورت می‌گیرد، اما در سرعت‌های برش بالاتر این کاهش با روند آهسته‌تری صورت می‌گیرد. بنابراین ویسکوزیته نمونه‌ها با افزایش سرعت برشی، کاهش یافت (شکل ۳).

20- Consistency coefficient

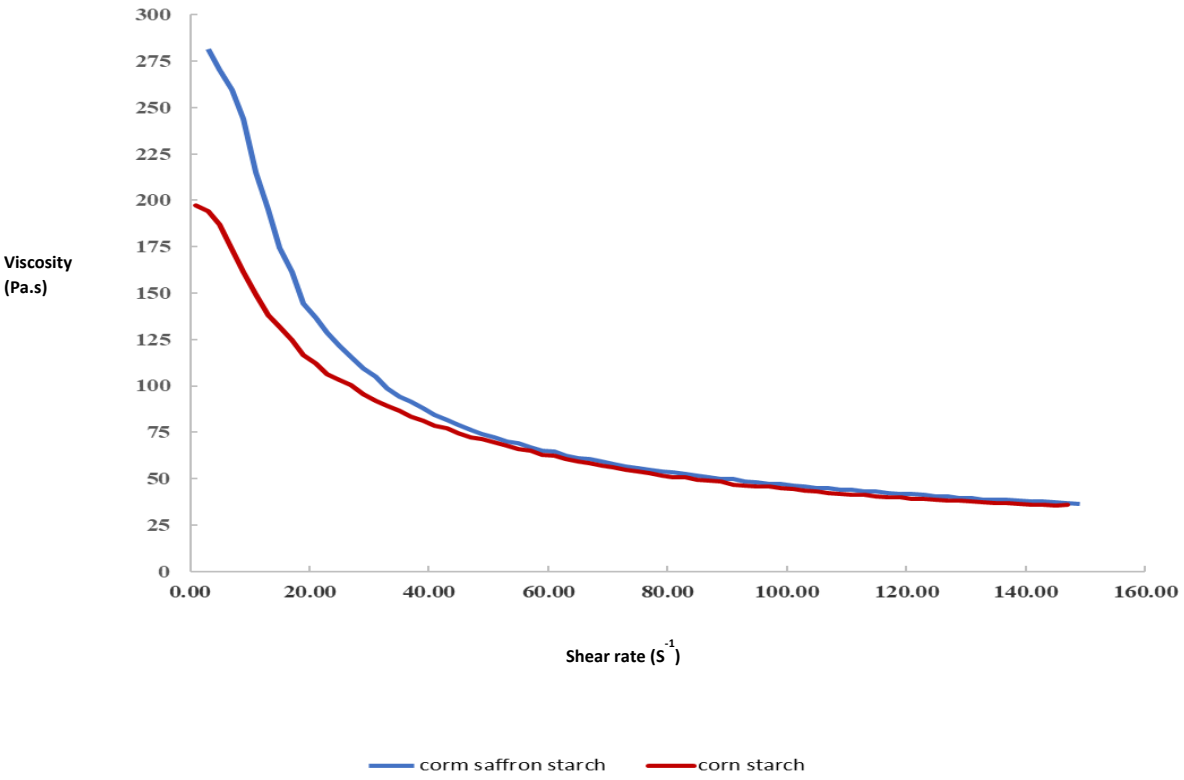

FIGURE 3- VISCOSITY CURVE AGAINST SHEAR RATE FOR SAFFRON ONION STARCH AND CORN STARCH

همچنان که رابطه بین ویسکوزیته ظاهری و درجه برش نمونه‌ها نشان می‌دهد، با افزایش درجه برش کاهش ویسکوزیته ظاهری مشاهده شد. لازم به ذکر است که بین کاهش ویسکوزیته و افزایش درجه برشی رابطه‌ای وجود دارد. بدین صورت که می‌توان گفت در سرعت‌های برشی پایین کاهش شدید ویسکوزیته با سرعت صورت می‌گیرد، اما در سرعت‌های برشی بالاتر این کاهش با روند آهسته‌تری صورت می‌گیرد. مک کلمنتس (۱۹۹۹) علت این جریان را این گونه بیان نموده است که با افزایش درجه برش به میزان مورد نیاز جهت غلبه بر حرکت براونی، ذرات امولسیون بیشتر در جهت جریان قرار گرفته و مقاومت کمتری نسبت به جریان خواهند داشت که این مسئله سبب کاهش ویسکوزیته می‌شود[٤٥]. این روند تغییرات ویسکوزیته با درجه برش در افزایش کارآیی پمپ در صنایع غذایی تولید کننده فرآورده های غیر نیوتنی اهمیت بسزایی خواهد داشت. کاهش ویسکوزیته با افزایش سرعت برشی، به عدم درگیری زنجیره‌های ماکرومولکولی تحت اثر میدان برشی (هم راستا شدن با جهت برش) و همچنین شکستن احتمالی ساختار پلیمرها در محلول بستگی دارد. در سرعت های برشی پایین با تغییر در سرعت برش، ویسکوزیته کاهش ناگهانی داشت؛ در حالی که در غلظت های بالاتر، این کاهش ملایم‌تر بود. روان شدن در اثر برش به دلیل قرار گرفتن مولکول‌ها در جهت برش است. با افزایش سرعت برش، پلیمر که دارای زنجیره‌های بلند هستند و به صورت تصادفی و به هم ریخته قرار دارند، به صورت ردیفی در جهت جریان قرار گرفته و باعث کاهش اتصالات زنجیره‌های جانبی پلیمر با یکدیگر می‌شوند. مقدار ویسکوزیته در سرعت برش پایین، مسئول ایجاد قوام در فرآورده های غذایی است؛ در حالی که مقدار ویسکوزیته در سرعت برش بالا بیانگر ویسکوزیته فرآورده در مراحل مختلف فرآیند است. از آنجا که ویسکوزیته محلول با افزایش سرعت برشی کاهش می‌یابد، کارآیی پمپ کردن اینگونه سیالات با افزایش سرعت جریان پمپ افزایش می‌یابد. تحقیقات نشان می‌دهد که رفتار غیرنیوتنی، زمانی اهمیت دارد که شاخص رفتار جریان کمتر از ۰/٦ باشد. این خصوصیت در فرمولاسیون امولسیون‌های روغن در آب اهمیت فراوانی دارد و با وجود این که امولسیون در هنگام خروج از ظرف به راحتی جریان پیدا می‌کند، اما از جداشدن ذرات در اثر نیروی جاذبه جلوگیری شده و امولسیون با ثبات باقی می‌ماند[٤٦].

زنیاک و فارکاس (۱۹٦۲) نشان دادند که محلول یک بیوپلیمر با یک میزان بالای n تمایل دارد که در دهان حالت لزجی و چسبندگی ایجاد کند[٤٧]. هنگامی که ویسکوزیته بالا و احساس دهانی مطلوب مورد نظر است، نمونه ای را بایستی انتخاب کرد که مقدار n پایینی داشته باشد. بنابراین نمونه نشاسته پیاز زعفران برای بکارگیری در فرمولاسیون هایی که بافت لزجی کمتر یا احساس دهانی مطلوب‌تر مورد نیاز است، بسیار مناسب است. این نتیجه نشان می‌دهد که افزودن نشاسته پیاز زعفران سبب بهبود ویژگی‌های دسر لبنی از لحاظ ویسکوزیته می‌شود و رضایت آن را از نظر مصرف‌کننده افزایش می‌دهد.

۳-۲- خصوصیات فیزیکی و رئولوژیکی دسر های لبنی تهیه شده با درصد های مختلف نشاسته پیاز زعفران و نشاسته ذرت

۳-۲-۱- بافت

پارامترهای بافت سنجی از منحنی پروفیل آنالیز بافت محاسبه شدند و در جداول ٤ و ٥ نشان داده شده است. تحقیقات نشان داده است که ویژگی های بافتی مواد غذایی تا حد زیادی تحت تاثیر ماهیت و ساختار اجزاء و برهمکنش های موجود در بین مواد فرمولاسیون می باشد[٤٨].

بر طبق نتایج بدست آمده سختی دسر با افزایش غلظت نشاسته زعفران به ۲۰ ٪ روند نزولی داشته که بیشترین اختلاف مربوط به نمونه شاهد با ۲۰٪ نشاسته زعفران می باشد. دلیل کاهش سختی بافت، عدم تشکیل شبکه ژله‌ای فشرده می‌باشد[۱٦]. نتایج مشابهی توسط آرورا و همکاران (۲۰۰۷)، جاین و همکاران (۲۰۱۳) بدست آمد. بدین ترتیب که جایگزین نمودن ساکارز با انواع مختلفی از شیرین-کننده‌های قوی موجب کاهش سختی بافت در دسرهای لبنی می‌شود. ولی این محققین با گذشت زمان افزایش معنی‌داری

در میزان سفتی مشاهده کردند که آن را به تقویت ساختار ژلی دسر شیری در دماهای پایین نگهداری نسبت دادند[٤٩,٥٠].

نتایج آنالیز آماری پیوستگی نمونه‌ها نشان داد که بین نمونه ها در سطح آماری ٥٪ اختلاف آماری معناداری مشاهده می شود، بطوری که بیشترین میزان پیوستگی مربوط به نمونه ١٠٪ می باشد. این مطلب نشان می‌دهد که حضور نشاسته پیاز زعفران در فرمولاسیون دسر لبنی منجر به تغییر در شکنندگی محصول نهایی در مقایسه با نمونه شاهد می شود.

خاصیت صمغی بودن نیز از حاصلضرب پارامتر پیوستگی در سختی بدست می‌آید و نظر بر اینکه پارامتر سختی در بین نمونه‌های تولیدی کاهش یافته است ، لذا انتظار میرفت که خاصیت صمغی بودن هم کاهش یابد که این تفاوت در نمونه شاهد با نمونه حاوی ٢٠٪ نشاسته زعفران بیشترین می باشد.

Table 4- Parameters of hardness, cohesion and viscosity of dairy desserts produced from saffron crom starch

Parameters / Sample	Hardness 1 (N)	Cohesiveness	Gumminess (N)
Control	0.930896± 0.008[a]	0.60823488±0.004[c]	0.566222071±0.009[a]
Sample ٪5	0.707537±0.027[c]	0.603386692±0.006[c]	0.42700802±0.014[c]
Sample ٪10	0.697292±0.038[c]	0.628216022±0.013[a]	0.437785125±0.014[c]
Sample ٪15	0.76446±0.057[b]	0.591670678±0.006[d]	0.452492375±0.038[b]
Sample 20%	0.52037±0.017[d]	0.61368826±0.005[b]	0.319298406±0.008[d]

Different letters in each column show the statically significant differences (P<0.05)

نتایج مربوط به نیروی چسبندگی نمونه‌های دسر تولیدی (جدول ٥) نیز نشان داد با افزودن نشاسته پیاز زعفران در فرمولاسیون دسر، به طور کلی نیروی چسبندگی تمام نمونه‌ها نسبت به دسر شاهد کاهش یافت. این پدیده احتمالا بدلیل عدم تشکیل ژل قوی در غلظت‌های بالاتر جایگزینی نشاسته می‌باشد. به طور کلی بیشترین میزان نیروی چسبندگی از نظر کمی مربوط به تیمار شاهد بود. نتایج مشابهی توسط هاشمی و همکاران (١٣٩٤) در جایگزینی اینولین با روغن گیاهی و لاکتولوز با بخشی از شکر در بستنی بدست آمد[٥١]. در ژله‌های قنادی برهم کنش بین پایدار کننده‌ها و سایر ترکیبات رخ داده و ساکاروز به پایداری این ساختار کمک می‌کند[٥٢]. بنظر می‌رسد جذب آب توسط نشاسته پیاز زعفران باعث گردیده که بافت نهایی دسر لبنی چسبندگی مناسبی داشته باشد.

قهرمانی و همکاران (١٣٩٣)گزارش کردند افزایش سختی، چسبندگی و نیروی چسبندگی در سس مایونز با افزایش درصد جایگزینی عصاره چوبک با تخم مرغ به این دلیل است که در مقادیر بالاتر، عصاره چوبک قادر به تشکیل ژل مستحکم‌تری می‌باشد، ساختار امولسیون مستحکم‌تر شده و میزان سختی، چسبندگی و نیروی چسبندگی سس افزایش می‌یابد[٥٣].

همانطورکه در بحث سختی بافت عنوان شد، به نظر می‌رسد نشاسته پیاز زعفران نقش اصلی را در نرمی بافت دارد. با توجه به رابطه سفتی بافت و قابلیت جویدن که بولاند و همکاران (٢٠٠٦) به آن اشاره نموده‌اند، می‌توان تأثیر نشاسته

پیاز زعفران با قابلیت جویدن بافت را توضیح داد. آنها اظهار داشتند که زمان لازم برای جویدن ژل قبل از فرو بردن آن بطور معنی‌داری با سفتی ژل افزایش می‌یابد و ژل‌های همانطور که در قبل اشاره شد در نمونه‌های تولیدی افزایش نشاسته پیاز زعفران منجر به نرمی بافت شده و در نتیجه با افزایش نرمی، انتظار می رود زمان جویدن کاهش یابد.

Table 5- Chewing parameters, Adhesive Force of dairy desserts produced from saffron crom starch

Parameters / Sample	Adhesive Force (N)	Chewiness (Nmm)
Control	0.322501187±0.012[a]	7.241234855±0.159[a]
Sample 5%	0.202257435±0.010[c]	5.388023488±0.316[b]
Sample 10%	0.217796049±0.033[c]	5.570080752±0.182[b]
Sample 15%	0.232646156±0.038[b]	5.760257134±0.505[b]
Sample 20%	0.109280359±0.003[d]	3.897107476±0.116[c]

Different letters in each column show the statically significant differences (P<0.05)

می‌تواند نگهداری به مدت بیشتری را باعث شود. مجذوبی و همکاران (۱۳۹۳) نیز گزارش کردند در نمونه کنترل با داشتن کمترین میزان ماده خشک وکمترین میزان سختی، بیشترین آب اندازی بدست آمد، زیرا در این نمونه ساختار ضعیف ژل، توانایی بالایی را در حفظ و نگهداری آب نداشته است و در تیمارهای حاوی جوانه‌ی گندم نیز، با افزایش درصد و اندازه‌های ذرات، میزان ظرفیت نگهداری آب به طور معنی‌داری افزایش و یا میزان آب اندازی به طور معنی‌داری کاهش یافته است[۵۵]. بـه طـور کلـی، برخـی ترکیبـات ماننـد قطعـات میـوه یـا عصاره‌های غلیظ می‌توانند با جذب آب آزاد محصول باعث کـاهش سینرسـیس گردند. همانطور که مهرابی و گلی (۱۳۹۷) از ترکیب نشاسـته ذرت و ژلاتـین بـا هم به طور مؤثری در کاهش سینرسیس دسر لبنی بر پایه عسل خرما استفاده کردند[۲۲].

۳-۲-۲- آب اندازی

میزان سینرسیس از ساختار ژل به میزان سختی بافت و سایز و نحوه قرارگیری حفرات و منافذ موجود در شبکه بستگی دارد. میزان آب اندازی دسرهای تولید شده از نشاسته پیاز زعفران در شکل ٤ نشان داده شده است.

همانطور که در شکل ٤ مشاهده می‌شود میزان آب اندازی نمونه‌های حاوی نشاسته پیاز زعفران کمتر از نمونه شاهد است که این نشان‌دهنده پایداری بیشتر دسرهای لبنی حاوی نشاسته پیاز زعفران است و از این نظر ویژگی مطلوبیست. در بین نمونه‌های دارای درصدهای مختلف نشاسته پیاز زعفران نیز کمترین آب اندازی مربوط به نمونه ۲۰ ٪ است و به ترتیب نمونه ۱۰ ٪ ، ۱۵ ٪ و ۵ ٪ میزان آب اندازی آن‌ها افزایش یافته است. بنابراین با افزایش درصد نشاسته پیاز زعفران آب اندازی کاهش چشمگیری داشته است که

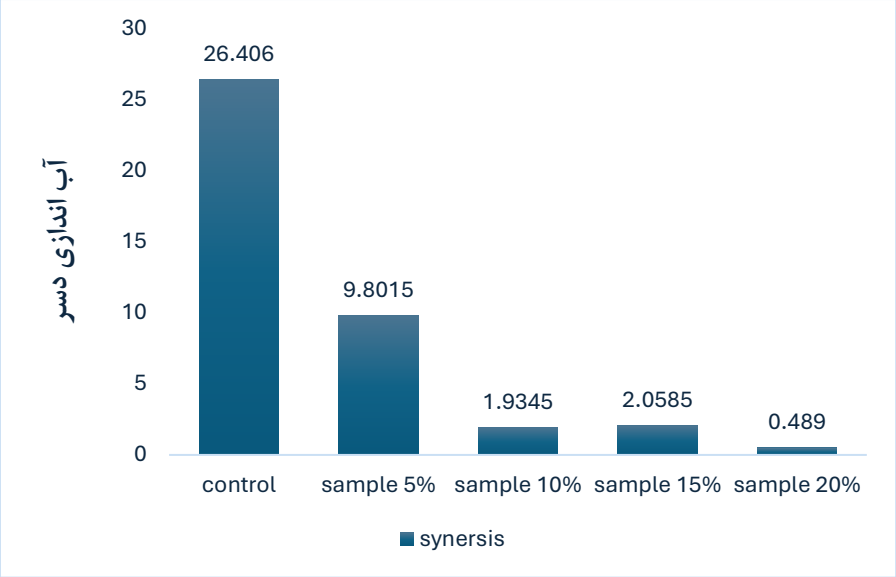

Figure 4- syneresis of desserts produced from saffron onion starch

این نتایج با مطالعه جریدی و همکاران (۲۰۱۵) همخوانی داشت به طوری که گزارش کردند محصولات خرما منبع خوبی از ترکیبات قوام‌دهنده (فیبرهای خوراکی) بوده که در کاهش تراوش خود به خودی فرمولاسیون درگیر است و می‌توانند به عنوان یک افزودنی طبیعی در فرمولاسیون محصولات لبنی جدید با ارزش غذایی بالا به کار گرفته شوند[٥٦]. در مطالعه ذبیحی و کاراژیان (١٤٠١) بر اساس نتایج به دست آمده، اضافه کردن آرد ارزن به دسر لبنی سبب افزایش معنی‌داری در میزان ظرفیت نگهداری آب دسر می‌شود. ظرفیت جذب آب به عوامل مختلفی از جمله نوع دانه، مدت زمان آسیاب، پیش تیمار و سایر شرایط فرآیند دانه‌ها و ترکیبات تشکیل‌دهنده به خصوص مقدار نشاسته آسیب‌دیده بستگی دارد[٥٧].

۳-۲-۳- رنگ

در رنگ سنجی افزایش پارامترهای a* و b* به ترتیب مربوط به افزایش پارامترهای قرمزی و زردی نمونه ها است و فاکتور L* نشان‌دهنده میزان روشنایی نمونه می‌باشد. پارامترهای L* ، a* و b* برای ٥ نمونه دسر لبنی با درصدهای مختلف نشاسته پیاز زعفران را در جدول ٦ نشان داده شده است.

Table 6- Colorimetric parameters of desserts produced from saffron onion starch

Treatment	*b	*a	*L
Control	12.44±0.014[b]	-3.44±0.044[a]	90.85±0.074[a]
Sample 5%	11.92±0.016[e]	-3.40±0.038[b]	90.62±0.079[b]
Sample 10%	12.14±0.033[d]	-3.35±0.037[c]	90.27±0.096[e]
Sample 15%	12.36±0.021[c]	-3.40±0.044[b]	90.4±0.101[d]
Sample 20%	12.986±0.009[a]	-2.883±0.004[d]	90.52±0.032[c]

Different letters in each column show the statically significant differences (P<0.05)

همانطور که در جدول ٦ مشاهده می‌شود نمونه دارای ١٠ ٪ نشاسته پیاز زعفران کمترین و نمونه شاهد بیشترین روشنایی را داشته است. از نظر پارامتر قرمزی نمونه دارای ٢٠ ٪ نشاسته پیاز زعفران بیشترین و شاهد، کمترین قرمزی را داشته اما از نظر زردی نمونه دارای ٥٪ نشاسته پیاز زعفران کمترین و نمونه ٢٠ ٪ بیشترین زردی را نشان داد. به طور کلی، با افزایش درصد نشاسته پیاز زعفران از ٠ تا ٢٠ ٪ روشنایی (L^*) کاهش، قرمزی (a^*) و زردی (b^*) نیز افزایش داشته است. ارزیابی رنگ دسر لبنی مهرابی و گلی (١٣٩٧) نیز نشان داد که با تغییرات درصد نشاسته و عسل خرما تغییرات محسوسی در فاکتور L^* رخ نمی‌دهد؛ اما با افزایش عسل خرما از ١٧ تا ٢٢٪ باعث افزایش فاکتور a^* (قرمزی) و از ٥/١٩ تا ٢٢٪ باعث افزایش b^* (زردی) می‌شود[٢٢] که از این نظر مشابه نتایج این

پژوهش است. همچنین مجذوبی و همکاران (۱۳۹۳) گزارش کردند فاکتور L^* که نشان‌دهنده میزان روشنایی نمونه می‌باشد، در تمامی نمونه‌های مورد بررسی در تیمارهای حاوی جوانه گندم کمتر از نمونه شاهد بود و در هر تیمار نیز با افزایش درصد جوانه گندم فاکتورL^* کاهش و یا به عبارتی نمونه‌ها تیره‌تر شدند. در تیمارهای حاوی جوانه گندم خام و فرآیندشده میزان مؤلفه‌های رنگ سنجی a^* و b^* کمتر از نمونه شاهد بود و در تیمارهای حاوی جوانه‌ی گندم، با افزایش اندازه ذرات و درصد جوانه گندم مقدار قرمزی- سبزی و زردی- آبی به طور معنی‌داری افزایش یافت[۵۵]. در مطالعه دیگری، جریدی و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که افزودن سیروپ خرما به دسر لبنی منجر به افزایش پارامترهای رنگی محصول می‌گردد. به طور کلی قندهای احیاکننده متفاوتی همچون گلوکز و فروکتوز، در عسل خرما وجود دارند. برهمکنش بین قندهای احیاء کننده در عسل خرما و پروتئین‌های شیر دسر لبنی طی واکنش مایلارد (واکنش قهوه ای شدن غیرآنزیمی) اتفاق می‌افتد که این واکنش می‌تواند منجر به تشکیل ترکیبات رنگی در محصول گردد و با افزایش میزان آن در فرمولاسیون دسر، شاخص های رنگی را افزایش داده است[٥٦]. براساس نتایج ذبیحی و کاراژیان (۱٤۰۱) نیز، اضافه کردن آرد ارزن سبب افزایش معنی‌داری در مولفه های a* و b* و کاهش مولفه L* در دسر لبنی می‌شود و مشخص گردید که آرد ارزن بدلیل جذب آب باعث کاهش پراکنش نور شده و در نتیجه درجه روشنایی(L*) را کاهش می‌دهد[۵۷]. براساس نتایج محمودزاده و احمدی دستگردی (۱۳۹۹) با افزایش میزان اینولین و مدت نگهداری در فرمولاسیون دسر شیری شکلاتی، شاخص درخشندگی کاهش یافت[۵۸]. ابدال-خیر (۲۰۰۹) نشان داد که افزودن اینولین به شیر شکلاتی باعث کاهش L* در نمونه‌ها گردیده ولی مقادیر a*و b* نسبت به نمونه شاهد افزایش می‌یابد[۵۹]. تارگا و کاستل[21] وانیلی، تارگا و همکاران (۲۰۰٦) در بررسی دسر لبنی حاوی اینولین شاهد نتایج مشابهی (۲۰۰۷) در بررسی دسر لبنی بودند[۱٤].

۳-۲-٤- ارزیابی حسی

به منظور بررسی واکنش‌های مصرف‌کنندگان نسبت به مصرف این نوع دسر لبنی جدید تهیه شده از نشاسته پیاز زعفران از آزمون ارزیابی حسی استفاده شد و پارامترهای رنگ، بو، بافت، طعم و پذیرش کلی تیمارهای مختلف بررسی و مقایسه گردید. در نمودار عنکبوتی نتایج حاصل از بررسی این پارامترها که میانگینی از ارزیابی ۱٤ نفر است، آورده شده است.

همانطور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود نمونه شاهد از لحاظ رنگ، بافت و طعم بیشترین نمره را دریافت کرده است. مجذوبی و همکاران (۱۳۹۳) نیز گزارش کردند امتیاز دریافتی برای نمونه ی کنترل در حد بسیار خوب و در تیمارهای حاوی جوانه ی گندم نیز تا سطح ٪۵ امتیاز بسیار خوب برآورد شده است و با افزایش درصد جوانه ی گندم خام بیش از ٪۵ امتیاز دریافتی به طور معنی‌داری کاهش یافت و در حد خوب برآورد شد. بنابراین گرچه اختلافات اندکی در پذیرش نمونه‌های دسر لبنی شاهد و تیمار شده با جوانه ی گندم وجود داشت، اما تا سطح ٪۵ تغییرات معنی‌داری را در ترجیح ارزیاب ها در انتخاب محصول ایجاد نکرد[۵۵].

21- Tarrega and Costell

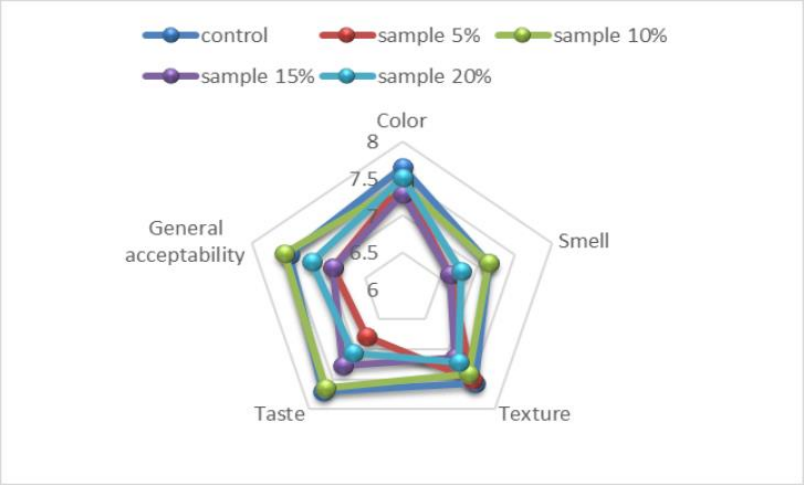

Figure 5- Sensory evaluation of dairy desserts with different percentages of saffron onion starch

از نظر بو، هیچ‌کدام از تیمارها با نمونه شاهد تفاوت معنی‌داری نداشتند (p>۰/۰۵). در مطالعه دیگری ذبیحی و کاراژیان (۱۴۰۱) گزارش کردند که با افزایش میزان آرد ارزن از نظر ارزیاب ها، طعم و بوی دسر لبنی کاهش یافته است. از نظر ارزیاب ها شیرینی نمونه های دسر تحت تاثیر غلظت های مختلف آرد ارزن قرار نگرفت ولی بین نمونه شاهد با سایر نمونه‌ها تفاوت معنی‌داری مشاهده شد[۵۷]. مطابق شکل ۵ ، نمونه ۱۵ ٪ از نظر رنگ و بافت کمترین نمره را دریافت نمودند که این نتایج با نتایج آنالیز رنگ دستگاهی همخوانی داشت اما در آنالیز آماری تفاوت معنی‌داری با نمونه شاهد وجود نداشت (p>۰/۰۵).در مطالعه میانی سریزدی و همکاران (۱۳۹۵) افزودن مقادیر مختلف ژلاتین از دیدگاه ارزیابان بر رنگ، طعم و شیرینی محصول تاثیر معنی‌داری نداشته است. این مسئله حاکی از آن است که اضافه کردن ژلاتین به دسر رنگ، طعم و شیرینی آن را تحت تاثیر قرار نمی‌دهد[۱۶]. محمودزاده و احمدی دستگردی (۱۳۹۹) نشان دادند که ظاهر و رنگ نمونه‌های مختلف دسر شکلاتی حاوی اینولین و استویا با یکدیگر مشابه‌اند[۵۸]. نتایج مشابهی توسط آرسیا و همکاران (۲۰۱۱) بدست آمد، این محققان از اینولین به عنوان جایگزین چربی در دسر لبنی کم چرب استفاده کردند. آن‌ها گزارش نمودند که ماست حاوی اینولین زنجیره بلند، بافت و ساختار بهتری نسبت به نمونه کنترل دارد[۶۰]. ذبیحی و کاراژیان (۱۴۰۱) نیز گزارش کردند با افزودن آرد ارزن، رنگ نمونه ها امتیاز کمتری کسب نمود و با افزایش غلظت آرد ارزن، نمره رنگ بیشتر شد. از نقطه نظر بافت نیز نمونه های حاوی آرد ارزن نرم‌تر و مطلوب‌تر بودند. یکی از مهم‌ترین فاکتورهای اثرگذار بر پذیرش بافتی دسر شیری، میزان ژلی بودن نمونه می‌باشد. با افزایش مقدار آرد ارزن، میزان ژلی شدن و سختی به طور محسوسی کاهش یافت.[۵۷]. در مطالعه حاضر اگرچه تفاوت معنی داری در مقبولیت کلی دسرهای لبنی حاوی نشاسته پیاز زعفران با دسر کنترل وجود نداشت، اما بالاترین امتیاز مقبولیت کلی به دسر حاوی ۱۰ ٪ نشاسته زعفران و پس از آن به نمونه شاهد و نمونه حاوی ۲۰ ٪ تعلق گرفت. میانی سریزدی و همکارانش (۱۳۹۵) گزارش دادند که با افزایش میزان ژلاتین به دسر لبنی از نظر ارزیاب‌ها، سختی بافت بیشتر و پذیرش کلی آن نیز افزایش یافته است، به جز نمونه بدون پودر مالت و حاوی دو درصد ژلاتین که بیش از حد سخت بوده و مقبولیت آن کاهش یافته است[۱۶]. مطالعه ذبیحی و کاراژیان (۱۴۰۱) نیز بالاترین امتیاز پذیرش کلی را نمونه شاهد و بعد از آن نمونه حاوی ۵۰٪ آرد ارزن کسب نمود[۵۷]. نتایج مشابهی توسط محمودزاده و احمدی دستگردی (۱۳۹۹) بدست آمد[۵۸] اما به طور کلی طبق نتایج آنالیز آماری با جایگزینی و افزایش درصد نشاسته پیاز زعفران اختلاف معنی‌داری در رنگ، طعم، بو، بافت و مقبولیت کلی ایجاد نشد.

٤- نتیجه‌گیری

با توجه به یافته‌های مطالعه حاضر، شفافیت سوسپانسیون ۱٪ نشاسته پیاز زعفران ۱/۸۰٤ درصد، حداقل غلظت ژل دهی نشاسته پیاز زعفران، ۱۰ درصد، .حلالیت نشاسته پیاز زعفران ۱۱/٦ درصد ، جذب آب نشاسته پیاز زعفران ۸/۲۳ g/g قدرت تورم نشاسته پیاز زعفران ۹/۳۱ درصد شد که با در نظرگیری اعداد مربوط به ارقام نشاسته سایر محصولات ، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که نشاسته استخراجی از پیاز زعفران قابلیت و پتانسیل لازم برای استفاده در فرآورده‌های حاوی نشاسته را داراست و می‌تواند در فرمولاسیون فرآورده‌های پخت عملکرد مشابهی از خود نشان دهد و اینکه سوسپانسیون نشاسته پیاز زعفران جزو سیالات غیرنیوتنی از نوع سودوپلاستیک است. نمونه نشاسته پیاز زعفران برای بکارگیری در فرمولاسیون‌هایی که بافت لزجی کمتر یا احساس‌دهانی مطلوب‌تر مورد نیاز است، بسیار مناسب است. تولید دسر لبنی با استفاده از نشاسته پیاز زعفران امکان‌پذیر است و نسبت به دسر تهیه شده از نشاسته ذرت خواص جریان‌پذیری مناسب‌تری دارد از جمله اینکه با افزایش درصد جایگزینی نشاسته سختی دسر کاهش یافت. پیوستگی نمونه‌ها با افزایش درصد جایگزینی تغییر معنی‌داری داشت بطوری که بیشترین میزان پیوستگی مربوط به نمونه ۱۰٪ نشاسته زعفران بود. همچنین، نیروی چسبندگی، با افزودن نشاسته پیاز زعفران در فرمولاسیون دسر در تمام نمونه‌ها کاهش یافت. افزایش نشاسته پیاز زعفران در نمونه‌های تولیدی منجر به نرمی بافت شده و در نتیجه با افزایش نرمی، انتظار می رود زمان جویدن کاهش یابد. با کاهش پارامتر سختی در بین نمونه‌های دسر لبنی، خاصیت صمغی بودن نیز کاهش یافت. همچنین آب اندازی دسر لبنی که یک ویژگی نامطلوب در نظر گرفته می شود در دسر لبنی حاوی ۲۰ درصد نشاسته پیاز زعفران به کمترین میزان رسید که به نگهداری بیشتر محصول کمک می‌کند. از لحاظ پارامترهای رنگ‌سنجی نیز با افزایش درصد نشاسته پیاز زعفران از ۰ تا ۲۰ ٪ روشنایی (L*) کاهش، قرمزی (a*) و زردی (b*) افزایش داشته است. آنالیز آماری خصوصیات حسی دسرهای لبنی از نظر پارامترهای رنگ، بافت، بو، طعم و مقبولیت کلی اختلاف معنی‌داری نشان نداد (p>۰ /۰۵).

تحقیقات بعدی در این زمینه می‌تواند منجر به تولید نشاسته اصلاح شده از پیاز زعفران گردد که منجر به بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و رئولوژیکی دیسپرسیون حاصل شود، لذا کاربرد آن را در فرآورده‌های حاوی نشاسته از قبیل ژل‌های لبنی مناسب‌تر می‌سازد.

٥-منابع

[1] Nadian Narges AMH, Abbas Tabar Ahangar Hossein, Arabi Azam. Comparison of functional and physicochemical properties of quinoa starches of TTKA and Pishgam wheat starches Iranian Journal of Food Science and Industry. April 2022;19.

[2] Ain Afshar Soudabeh SP. Production of antioxidant extract, starch and edible film from saffron seed wastes Saffron Promotion Magazine. 2017;Volume 01 - Number 02 - Extension 02 .

[3] Perez S BP, Gallant DJ ed. By Bemiller J, and Whistler R, Academic Press NY Structural features of starch granules I, in Starch :Chemistry and Technology. 2009:149-92.

[4] Bello-Perez LA A-AE. Starch, in: Starch-Based Materials In Food Packaging: Processing, Characterization And Applications. Elsevier Inc. 2017; Isbn: 978-012812257-0, 978-012809439-6.

[5] Bello-Perez LA F-SP, Agama-Acevedo E, Tovar J. Starch digestibility: past,present, and future. J Sci Food Agric. 2020 Nov;100(14):5009-16.

[6] Karajian Hojjat RMA. Investigation of flowability characteristics of date paste. Journal of Food Science and Technology. autumn 2018(2nd).

[7] Alvarezorti, M., Gomez Gomez, L., Rubio, A., Escriban pardo, J., Jimenez, F., and Fernandez, J.A. Development and gene expression in saffron corms. Acta Horticulturae 2004; 650: 141-148.

[8] G.O. Phillips, P.A. Williams Murphy, P. Starch. in: Handbook of Hydrocolloids, (Eds.), Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC.2000.

[9] Soodabeh E, T, Hakimi Zahra ,Emami Azadeh,. Acute and Subchronic Toxicity and Cytotoxicity of Saffron Corm Extract. Journal of Medicinal Plants and By-products. 2024;1:11-9.

[10] Saidi Rad MH, Shraiei; P.; Zarif Neshat,S The effect of packaging, temperature and storage time on the physical and mechanical properties and wastes of saffron (Crocus sativus L). bimonthly scientific-

research journal of medicinal and aromatic plants of Iran. 2015;32 (1):14-22.
[11] Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Boroumand Rezazadeh, Z., and Tabrizi, L. Effects of corm size and storage period on allocation of assimilates in different parts of saffron plant (Crocus sativus L.). Journal of Field Crops Research .2007; 5 (1): 155-166. (In Persian with English Summary).
[12] Srivastava R, Ahmed, H., Dixit, R.K., Dharamveer, S., Saraf. A Crocus Sativus L.: a comprehensive review. Pharmacognosy Reviews. 2010; 4(8):200-10.
[13] Ministry of Agriculture- Jihad (MAJ) (https://maj.ir/). [Internet]. 2024.
[14] Tárrega AC, E. Effect of inulin addition on rheological and sensory properties of fat-free starch-based dairy desserts. International Dairy Journal. 2006b;16(9): 1104-12.
[15] Toker OS, Dogan, M., Canıyılmaz, E., Ersöz, N. B. & Kaya, Y. The effects of different gums and their interactions on the rheological properties of a dairy dessert. 2013.
[16] Miani Sar yazdi Saeedeh AM, Aminifar Mehrnaz, Ghafarpour Mansour, Dastmalchi Farnaz, Maqsoodlou Yahya, Mohammadi Maryam. Investigating the physicochemical, textural and sensory characteristics of ultra-beneficial dairy dessert with uncoated barley malt. Biosystem Engineering of Iran (Agricultural Sciences of Iran) 2015; 47(3):501-509.
[17] Ehtiati A. Effect of hydrocolloids and salt on Pasting and rheological properties of sorghum starch. Faculty of Agriculture, Ferdowsi university of Mashhad, Mashhad. 2018.
[18] Sujka M JJ. Ultrasound-treated starch: SEM and TEM imaging, and functional properties. . Food Hydrocolloids. 2013; 31: 413-419.
[19] DEMIATE Ivo Mottin KV. Cassava starch in the Brazilian food industry. Food Science and Technology (Campinas). June 2011; 0101-2061.
[20] Kaya A, Sanghoon, K. & Sundaram, G. . Viscosity and color change during in situ solidification of grape pekmez. Food Bioprocess Technol. 2011; 4:241-6.
[21] Kaya A, & Belibagli, K.B. Rheology of solid Gaziantep pekmez. Journal of Food Engineering. 2002; 54:221-6.
[22] Mehrabi Zahra MG. Production of dairy dessert based on the formulation of date honey, corn starch and gelatin with the help of the method Response Level (RSM). Journal of Nutritional Sciences and Food Industries of Iran. 2017;13th year, number 3, autumn:115-25.
[23] Yam KLaP, S. E. A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surface. *Journal of Food Engineering*. 2004; 61:137 – 142.
[24] Wu TY, Chang, C.R., Chang, T.J., Chang, Y.J., Liew, Y., & Chau, C.F. Changes in physicochemical properties of corn starch upon modifications by atmospheric pressure plasma jet. Food Chemistry. 2019; (283):46-51.
[25] Golkar A, Mohammadzadeh Milani J, Motamedzadegan A, Esmailzadeh Kenari R. Effect of thermal-ultrasound on the rheological properties of corn starch-Arabic gum paste. Food Science and Technology. 2020; 17(106):133-43.
[26] Huang Q LL, Fu X. . Ultrasound effects on the structure and chemical reactivity of cornstarch granules. Starch/Stärke. 2007; 59:371–8.
[27] Zhang Y GZ, Zhu L, Hong Y. Comparative study on the interaction between native corn starch and different hydrocolloids during gelatinization. International Journal of Biological Macromolecules Accepted. 2018.
[28] Zuo YYJ HP, Hemar Y,, M. A. Quantification of high-power ultrasound induced damage on potato starch granules using light microscopy. UltrasonicsSonochemistry. 2012;19:421–6.
[29] F. Shokrollahi FS, M.J. Varidi, A. Koocheki, F. Sohbatzadeh. The Effect of Non-thermal Plasma on Improvement of Functional Properties of Sorghum Starch. Iranian Food Science and Technology Research Journal May-June 2023;19:217-29.
[30] Ali, T. M., & Hasnain, A. (2013). Morphological, Physicochemical, and Pasting Properties of Modified White Sorghum (*Sorghum bicolor*) Starch. *International Journal of Food Properties*, *17*(3), 523–535. https://doi.org/10.1080/10942912.2012.654558.
[31] Kumar R, & Khatkar, B.S. Thermal, pasting and morphological properties of starch granules of wheat (Triticum aestivum L.) varieties. Journal of Food Science and Technology 2017; 54(8):2403-10.
[32] Jan, KN., Panesar, P., Rana, J., Singh, S. ,. Structural, thermal and rheological properties of starches isolated from Indian quinoa varieties. International Journal of Biological Macromolecules. 2017; 102:315-22.
[33] Matos M, Timgren, A., Sjöö, M., Dejmek, P., Rayner, M. . Preparation and encapsulation properties of double Pickering emulsions stabilized by quinoa starch granules. Colloids and Surfaces A Physicochemical and Engineering Aspects. 2013; 423:147-53.
[34] Lindeboom N, Chang, P. R., Falk, K. C.,Tyler, R. T. Characteristics of starch from eight quinoa lines. Cereal Chemistry. 2005; 82:216-22.
[35] Taziki, S., Razavi, S. M. A. (2023). 'Study of the Functional Properties and the Retrogradation Behavior of Native Wheat Starch in the Presence of Cress Seed Gum and Sucrose', *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 19(1), pp. 1-15. doi: 10.22067/ifstrj.2021.69660.1029 .
[36] Heydari A, Razavi, M. ,Hesarinejad, M., and Farahnaky,A. New Insights into Physical,Morphological, Thermal, and Pasting

Properties of HHP-Treated Starches: Effect of StarchType and Industry-Scale Concentration. Starch. 2021;73:7-8.
[37] Chong WT, Uthumporn, U., Karim, A.A., & Cheng, L.H. . The influence of ultrasound on the degree of oxidation of hypochlorite-oxidized corn starch. LWT– Food Science and Technology. 2013; 50(2):439-43.
[38] Abedi E, Pourmohammadi, K., Jahromi, M., Niakousari, M., & Torri, L. . The effect of ultrasonic probe size for effective ultrasound-assisted pregelatinized starch. Food and Bioprocess Technology 2019; 12(11): 1852-62.
[39] Lutfi Z, Nawab, A., Alam, F., Hasnain, A., & Haider, S.Z. . Influence of xanthan, guar, CMC and gum acacia on functional properties of water chestnut (Trapa bispinosa) starch. International Journal of Biological Macromolecules. 2017; 103:220-5.
[40] Wongsagonsup R, Pujchakarn, N., Jitrakbumrung, S., Chaiwat, W., Fuongfuchat, A., Varavinit, S., Dangtip, S., & Suphantharika, M. . Effect of cross-linking on physicochemical properties of tapioca starch and its application in soup product. Carbohydrate Polymers. 2014 b;101: 656-65.
[41] Hedayati S, Majzoubi,M. ,Shahidi,F. , Kuchaki, A. ,Farhanaki, A,. The effect of sucrose and glucose on the functional properties of corn starch. Food science and industry. 2018;77: 15.
[42] Hirashima M, Takahashi, R. and Nishinari, K. . Changes in the viscoelasticity of maize starch pastes by adding sucrose at different stages. Food Hydrocolloids. 2005;19:777–84.
[43] Mirzababaee M, Ozmen, D., Hesarinejad, M., Toker, O., Yeganehzad, S. A study on the structural, physicochemical, rheological and thermal properties of high hydrostatic pressurized pearl millet starch. International Journal of Biological Macromolecules. 2022; 223:511-23.
[44] Steffe J. Rheoogical methods in food process engineering. East Lansing. 1996.
[45] MC Clements DJ. Food emulsions, principles, practice and techniques LLC:CRC press. 1999.
[46] Taherian AR, Fustier, P & Ramaswamy, H.S. Effect of added weighting agent and xanthan gum on stability and rheological properties of beverage cloud emulsions formulated using modified starch. Journal of Food Engineering. 2007;30:204-24.
[47] Szczesniak AS, & Farkas, E. Objective characterization of the mouth feel of gum solutions. Journal of Food Science. 1962;27:381–5.
[48] Shahidi F, Khalilian, s. , Mohebi, M. , Khazai, A. and Maghami Kia, h. . Investigating the effect of starch and guar on textural parameters, color and acceptability of carrot paste. Journal of food processing and preservation. 2012; 4(2):15-28.
[49] Arora S SVP, Yarrakula S, Gawande H, Narendra K, Sharma V, Sharma G S. . Textural and microstructural properties of burfi made with various sweeteners. Journal of texture studies. 2007; 38(6):684-97.
[50] Jain P KA, Jha A, Kumar R, Pandey S K. . Textural and sensory properties of lal peda manufactured with artificial sweeteners and bulking agents. International Journal of Dairy Technology. 2013; 66(1):119-26.
[51] Hashemi MK, H. Shekarforosh, SH. Evaluation of physicochemical, textural and sensory characteristics of synbiotic low-fat or low-sugar ice creams. Journal of food hygiene. 2014; 2 (18):71-81.
[52] Karajian, H. Chubak (Acanthophyllum glandulosum) root gum, Emerging Natural Hydrocolloids: Rheology and Functions, Book Chapter, 2019;371-396.
[53] Ghahremani N, Karajian, H. The effect of subsituting egg yolk with Acanthophyllum glandulosum gum on the rheological properties of mayonnaise. Food Research Journal 2015; 25(2):221-229.
[54] Boland A B DCM, van Ruth S M. . Influence of the texture of gelatin gels and pectin gels on strawberry flavour release and perception. Food chemistry. 2006; 96(3):452-60.
[55] Majzoobi, M. Ghiasi, F. Farhanaky, A. Physicochemical assessment of fresh chilled dairy dessert supplemented with wheat germ. International Journal of Food Science and Technology 2016; 51, 78–86.
[56] Jridi M SN, Ben Salem M, Ayadi MA, Nasri M, Azabou S. . Tunisian date (Phoenix dactylifera L.) byproduct: Characterization and potential effects on sensory, textural and antioxidant properties of dairy desserts. Food Chemistry. 2015; 188:8-15.
[57] Zabihi F, Karazhiyan H. Physiochemical and Textural Properties of Dairy Dessert Containing Millet Flour as a Substitute for Rice Flour. FSCT 2022; 19 (123) :329-340.
[58] Mahmoodzadeh A, Ahmadi Dastgerdi,A. . The effects of Stevia (Rebaudioside) and Inulin on the Physicochemical, Antioxidant and Sensory Properties of Low-Calorie Chocolate Dairy Dessert. EJFPP. 2019;12(20(13-24).
[59] Abd El-khair, A.A. (2009). Production and evaluation of a high protein version of non-fat yogurt. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 5(4): 310-316.
[60] Arcia P L NS, Costell E, Tárrega, A. Effect of inulin seeding on rheology and microstructure of prebiotic dairy desserts. Food Biophysics. 2011; 6(4): 440-9.

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Investigation of the physical properties of starch extracted from saffron corm and its use in dairy dessert formulation

Sanaz Nadafimoghadam[1], Hojjat Karazhian[2], Zohreh Abdi-Moghadam*[3]

1- Graduated of master of Food Safety and Hygiene, School of Medicine, Gonabad University of Medical Sciences, Gonabad, Iran

2- Department of Food Science and Technology, Torbat-e Heydarieh Branch, Islamic Azad University, Torbat-e Heydarieh, Iran

3- Department of Nutrition, and Food Sciences, School of Medicine, Gonabad University of Medical Sciences, Gonabad, Iran

ARTICLE INFO

Article History:

Received:2024/9/20

Accepted:2025/1/27

Keywords:

corn starch,

saffron corm,

rheological properties,

dairy dessert,

texture analyzing

DOI: **10.22034/FSCT.22.163.151.**

*Corresponding Author E-

z.abdimoghadam1@gmail.com

ABSTRACT

Starch is the most important source of stored energy in plants, which is abundantly found in cereal grains and tuberous plants. Due to the improvement of textural characteristics and rheological properties, it can be used to adjust the consistency of dairy food products. Saffron corms have a significant amount of starch and large quantities of saffron seeds are produced in the country every year. The purpose of this research is to prepare a dairy dessert with different percentages of saffron corm starch replaced with corn starch and to investigate the physical and rheological properties as well as the possibility of using saffron corm starch in dairy dessert formulation. First, the extraction of saffron corm starch was done with the help of water and centrifuge, and the tests of paste transparency, minimum gelling concentration, swelling power, solubility, water absorption and determining the flow behavior of the samples were done using common models of power law, Herschel model. Buckley and Bingham model were used to fit shear stress data on shear degree. Then, 5 dairy dessert samples were prepared with 0 (control), 5, 10, 15 and 20% of saffron corm starch replaced with corn starch and the texture, wateriness, color and sensory evaluation of the desserts were investigated. The fitting of the models showed that among the existing models, only the power law model expresses the flow behavior of the samples well. The consistency coefficient of the samples, K, varied from 0.865 to 0.557 and the flow behavior index number for saffron corm starch was 0.36. Apparent viscosity also decreased with increasing shear rate. The texture evaluation results of the desserts also showed that the stickiness, stickiness, gummy property, and hardness of the dessert decreased with the increase in the concentration of starch replacement, and the consistency of the samples did not change significantly, and the increase in saffron corm starch resulted in a soft texture. With the increase in the percentage of saffron corm starch, watering and brightness (L*) also decreased, and the analysis of sensory properties showed that the level of satisfaction with color, smell, texture, taste, and overall acceptability decreased. According to the findings of the present study, saffron corm starch suspension is one of pseudoplastic non-Newtonian fluids, and saffron corm starch sample is very suitable for use in formulations that require less viscous texture or more favorable mouthfeel. It was possible to produce a dairy dessert using saffron corm starch and it has a more suitable softness than the dessert made from corn starch, but it received less points in terms of colorimetry and overall acceptability.