بررسی ویژگی‌های رئولوژیکی، حسی وخروج روغن از بافت کره‌ی کنجد

محمدرضا اسحاقی[1*]، سیدمهدی سیدین اردبیلی[2]، احمد کلباسی اشتری[3]، عباس گرامی[4]

[1] دانش آموخته‌ی دکترای صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

[2] استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، گروه صنایع غذایی، تهران، ایران

[3] دانشیار دانشکده ی کشاورزی دانشگاه تهران، گروه صنایع غذایی، تهران، ایران

[4] دانشیار دانشکده‌ی ریاضیات، آمار و علوم کامپیوتر دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: 6 /3/ 90 تاریخ پذیرش: 28/ 6/ 90

چکیده

کره‌ی کنجد محصولی است که از مخلوط کردن ارده (کنجد آسیاب شده) و پودر شکر و افزودن برخی ترکیبات امولسیفایر و طعم دهنده و نرم کردن آن در آسیاب گلوله‌ای تا رسیدن به یک بافت یکنواخت به دست می‌آید. در این تحقیق، اثر 4 عامل درجه‌ی حرارت فرآیند تولید در دو سطح 45 و $65\ ^oC$، زمان فرآیند تولید در دو سطح 3 و 5 ساعت، میزان منودی گلیسرید در دو سطح 1 و 2 درصد و میزان شکر در سه سطح 34، 38 و 42 درصد، بر ویژگی‌های رئولوژیکی شامل ضریب قوام و شاخص رفتار جریان و ویژگی‌های حسی و همچنین خروج روغن از بافت این محصول مورد بررسی قرار گرفت . نتایج بدست آمده با استفاده از آزمون آنالیز واریانس مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند . نتایج تحقیق نشان داد که کلیه‌ی تیمارها ، یک رفتار ضعیف شونده با برش را از خود نشان می دهند و تمامی متغیرهای تحقیق به طور معنی دار ($p<0/05$)، بر ضریب قوام و شاخص رفتار جریان موثر هستند. میزان ضریب قوام و اندیس رفتار جریانی به ترتیب، دارای محدوده های $Pa.s^n$ 160/4 -86/8 و 0/9 -0/54 بودند. همچنین، کلیه‌ی متغیرهای تحقیق بر میزان خروج روغن از بافت کره‌ی کنجد موثر بودند و اثر عوامل درجه حرارت و درصد منوگلیسرید، بیش از سایر عوامل بود که به ترتیب باعث افزایش و کاهش خروج روغن از بافت محصول شدند در حالیکه افزایش زمان فرایند تولید و درصد شکر، موجب کاهش خروج روغن از بافت محصول گردیدند. نتایج ارزیابی حسی نیز نشان داد که بهترین فرمولاسیون و شرایط فرآیند برای تولید کره‌ی کنجد، درجه حرارت $45\ ^oC$ ، زمان 5 ساعت ، منودی گلیسرید 1 درصد ، پودر شیر خشک 2 درصد و پودرشکر 34 و 38 درصد و ارده 59 و 63 درصد است.

واژه‌های کلیدی: کره‌ی کنجد، رئولوژی، خروج روغن، ارزیابی حسی.

* مسوول مکاتبه: mr.eshaghi @yahoo.com

1- مقدمه

کنجد با نام علمی *sesamum IndicumL.* قدیمی ترین دانه‌ی روغنی است که توسط انسان شناخته شده است. این دانه‌ی روغنی از ارزش غذایی و دارویی بسیار بالایی برخوردار است و یک منبع غنی از پروتئین و چربی مرغوب محسوب می‌گردد. دانه‌ی کنجد در حدود 63-45 درصد روغن ، 27-19 درصد پروتئین ، 25-20 درصد ترکیبات نشاسته ای و فیبر خام و 6-4 درصد خاکستر دارد. همچنین این دانه‌ی روغنی، منبع بسیار خوبی از مواد معدنی، مخصوصاً کلسیم (100mg/100 g)، آهن (9mg/100 g) و فسفر (807-840mg/100 g) است. کنجد، منبع مهم از ویتامین هایی نظیر نیاسین (4/5mg/100 g) و تیامین (1/08mg/100 g) نیز محسوب می گردد. یکی از ویژگی‌های خاص دانه‌ی کنجد، وجود آنتی اکسیدان‌های طبیعی در این دانه‌ی روغنی است که از جمله آن‌ها می توان به سزامین[1] ، سزامول[2] و سزامولین[3] اشاره نمود که سبب پایداری خوب این دانه‌ی روغنی در برابر اکسیداسیون می گردد و به عنوان ترکیبات ضد سرطان نیز شناخته شده‌اند (1، 7، 18، 19و 22).

از کنجد، در تولید فرآورده های غذایی مختلفی استفاده می گردد. یکی از مصارف اصلی کنجد، تولید محصولاتی است که در آن ها از ارده[4] استفاده می شود. ارده، یک مایع نسبتاً غلیظ به دست آمده از آسیاب کردن کنجد است که در فرمولاسیون بسیاری از محصولات غذایی از جمله حلوا استفاده می شود (1، 18و 22).

یکی از محصولات حاصل از کنجد، کره‌ی کنجد[5] است که به اسامی دیگری از جمله حلوای نرم[6] و اسپرید کنجد[7] نیز نامیده می شود. این محصول از مخلوط کردن ارده (کنجد آسیاب شده) و پودر شکر تهیه شده و در فرمولاسیون آن از ترکیبات دیگری نظیر شیر خشک و پایدار کننده‌هایی[8] نظیر منودی گلیسرید و برخی ترکیبات طعم دهنده استفاده می شود . این مخلوط، در یک آسیاب گلوله‌ای[9] تا رسیدن به یک بافت نرم و یکنواخت سائیده می شود .

در طراحی فرآیند تولید یک ماده‌ی غذایی و رسیدن به شاخص‌های کیفی مطلوب در محصول نهایی، از جمله ویژگی‌های حسی و زمان ماندگاری، آگاهی کامل از خصوصیات رئولوژیکی آن ماده‌ی غذایی ضروری است. به عنوان مثال پذیرش محصولی نظیر مخلوط ارده و شیره، به قابلیت پخش شدن آن روی یک ماده‌ی غذایی دیگر وابسته است و این امر به طور مستقیم با گرانروی[10] و رفتارجریان آن محصول ارتباط دارد(6و 12). همچنین در تولید محصولات مشابه کره‌ی کنجد، از جمله کره‌ی پسته[11]، کره‌ی بادام زمینی[12]، ارده و حلوا، پدیده دو فاز شدن محصول و خروج روغن از بافت، به عنوان یک ویژگی نامطلوب محسوب می‌گردد و لذا تحقیقات زیادی در خصوص بررسی ویژگی‌های رئولوژیکی و حسی و جلوگیری از خروج روغن از بافت این محصولات صورت پذیرفته است (7، 8، 9، 10، 11، 13، 14، 15، 16، 20 و 24).

شاکر اردکانی و همکاران در سال 2009، اثر دو امولسیفایر لستین و منودی گلیسرید را در سه سطح 0، 1 و 2 درصد، بر میزان خروج روغن از بافت کره‌ی پسته مورد بررسی قرار دادند. نمونه‌ها به مدت 4 ماه در درجه حرارت اتاق (25^oC) نگه داری و سپس میزان روغن خارج شده از بافت محصول، اندازه‌گیری گردید. نتایج به دست آمده نشان داد که تیمارهای حاوی1 درصد لستین و 1 درصد منودی گلیسرید، دارای حداقل خروج روغن بودند(24).

سیفتسی و همکاران در سال 2008، تحقیقی را روی پایداری کلوئید ارده که یک سوسپانسیون روغن - پروتئین است در دانه‌بندی‌های مختلف (3/36-32/9mic) ودرجه حرارت‌های متفاوت (20^oC ، 30، 40) انجام دادند. نتایج به دست آمده نشان داد که ارده، دارای یک رفتار ضعیف شونده با برش و تیکسوتروپیک است و با کاهش اندازه ذرات، ساختمان ارده از حالت الاستیکی به حالت ویسکوز تمایل پیدا کرده و پایداری کلوئید ارده افزایش می‌یابد. کاهش درجه حرارت نگه‌داری نیز موجب افزایش پایداری کلوئید و جلوگیری از دو فاز شدن آن می‌گردد (13).

رضوی و همکاران در سال 2007، خواص رئولوژیکی مخلوط‌های ارده کم چربی و شیره‌ی خرما و همچنین اثر جایگزین‌های چربی شامل صمغ گوار، زانتان و نشاسته را در سه

1-Sesamin
2-Sesamol
3-Sesamolin
4-Tahini
5-Sesame butter
6-Soft halva
7-Sesame spread
8-Stabilizer
9-Ball mill
10-Viscosity
11-Pistachio butter
12-Peanut butter

سطح متفاوت (1/75-0/01 درصد)و درجه حرارت های مختلف (^{o}C 25، 35، 45و 55) مورد بررسی نشان دادند. شاخص رفتار جریان (n)، از 0/35 تا 0/51 متغیر بود . ضریب قوام [1](K) نیز ، در محدوده‌ی $Pa.s^{n}$ 180-240/04 متغیر بودند. همچنین، جایگزین‌های چربی در تمام نمونه‌ها در مقایسه با نمونه اصلی، باعث افزایش گرانروی ظاهری[2] شدند(20).

حبیبی نجفی و علایی در سال 2006، تحقیقی را روی خواص رئولوژیکی و پایداری امولسیون مخلوط های ارده و شیره‌ی خرما با درصد متفاوت مواد جامد در شیره‌ی خرما(بریکس 60 و 65) و نسبت های مختلف با ارده (45، 50 و 55 درصد)، در درجه حرارت های مختلف(^{o}C 25 ، 45 ،45 و 55) انجام دادند . ضریب قوام (k)،در تمامی نمونه ها بالاتر از یک و دارای محدوده ای از $Pa.s^{n}$ 8/2 -4/11 بودند . همچنین، شاخص رفتار جریان (n)، برای تمام نمونه‌ها کم تر از یک بود. لذا چنین نتیجه‌گیری گردید که تمام نمونه‌ها، یک رفتار شبه پلاستیک را از خود نشان می‌دهند. با افزایش درصد شیره‌ی خرما در درجه حرارت و بریکس ثابت، میزان ضریب قوام کاهش یافت درحالی که با افزایش بریکس شیره‌ی خرما، در یک نسبت و درجه حرارت ثابت ، میزان ضریب قوام افزایش یافت. همچنین، ضریب قوام در تمامی نمونه ها، با افزایش درجه حرارت، کاهش یافت. هیچ ارتباطی نیز بین درجه حرارت با شاخص رفتار جریان مشاهده نگردید. نتایج حاصل از پایداری امولسیون نمونه ها نشان داد که مخلوط‌های تهیه شده با 55 درصد شیره‌ی خرما (بریکس 60) و 50 و 55 درصد شیره‌ی خرما (بریکس 65) ، دارای پایداری امولسیون بالاتری بودند. همچنین، افزایش غلظت شیره خرما از بریکس 60 به 65 درصد در یک نسبت ثابت با ارده، باعث کاهش خروج روغن گردید(15).

ارسلان و همکاران در سال 2005، ویژگی‌های رئولوژیکی مخلوط‌های ارده و شیره‌ی انگور را، در سطوح 32-20 درصد ارده و درجه حرارت های ^{o}C 65-35 ، مورد بررسی قرار دادند. تمامی مخلوط‌های ارده و شیره‌ی انگور، یک رفتار غیرنیوتنی و ضعیف شونده با برش را در تمامی درجه حرارت‌ها و غلظت‌های ارده نشان دادند و اطلاعات به دست آمده، به خوبی با مدل قانون توان انطباق داده شد. بر اساس نتایج حاصله، شاخص رفتار جریان (n) از 0/7 تا 0/85 متغیر بود و ضریب قوام (k) نیز محدوده‌ای از $mPa.s^{n}$ 282-1447 را دارا بود. همچنین، افزایش غلظت ارده و کاهش درجه حرارت، موجب افزایش گرانروی ظاهری و ضریب قوام مخلوط‌ها گردید (11).

اریفیج و رباباه در سال 2005، اثر ترکیبات مختلف شامل کنسانتره‌ی پروتئین سویا، روغن هیدروژنه نشده پالم، لستین، ژلاتین، صمغ عربی، سوکروز و کلرورکلسیم بر پایداری امولسیون حلوا ارده و جلوگیری از خروج روغن از بافت این محصول را مورد بررسی قرار دادند. نتایج به دست آمده نشان داد که کنسانتره‌ی پروتئین سویا، لستین، ژلاتین و گلیسرول نتوانستند پایداری امولسیون را افزایش دهند در حالی که کلرورکلسیم، پودر شکر و صمغ عربی، ناپایداری امولسیون را به حداقل رساندند. همچنین، افزودن 1 تا 2/5 درصد روغن هیدروژنه نشده‌ی پالم، موجب افزایش گرانروی فاز روغنی و در نتیجه‌ی پایداری بیش تر امولسیون گردید. بررسی ساختمان میکروسکوپی حلوا ارده نیز نشان داد که ذرات ذوب شده شکر غیر کریستالی به وسیله‌ی یک لایه پروتئین رسوبی مشتق شده از ارده احاطه شده است و روغن به عنوان یک سیال آزاد، بین ذرات جامد پر شده است (14).

آلپاسلان و هایتا در سال 2002، ویژگی‌های رئولوژیکی، حسی و پایداری امولسیون مخلوط‌های ارده و شیره‌ی انگور را در مقادیر 2، 4 و 6 درصد شیره‌ی انگور و درجه حرارت‌های 30 الی ^{o}C 70 مورد بررسی قرار دادند. همه‌ی مخلوط‌ها، یک رفتار شبه پلاستیک را از خود نشان دادند. ضریب قوام، دارای محدوده ای از $Pa.s^{n}$ 6/79-87/2 بود و افزایش غلظت شیره‌ی انگور، در تمامی درجه حرارت‌های مورد بررسی، موجب افزایش ضریب قوام گردید در حالی که افزایش درجه حرارت، باعث کاهش ضریب قوام شد. شاخص رفتار جریان نیز دارای محدوده ای از 0/43 تا 0/58 بود. همچنین، افزایش میزان شیره‌ی انگور، باعث پایداری بهتر امولسیون در مخلوط‌ها گردید. از نظر ویژگی‌های حسی نیز اختلاف آماری بین نمونه ها مشاهده گردید و بیش ترین پذیرش کلی، مربوط به نمونه های حاوی 6 درصد شیره‌ی انگور بود(15).

با توجه به این که تاکنون تحقیقی در رابطه با بررسی عوامل موثر بر ویژگی‌های رئولوژیکی، حسی و خروج روغن از بافت کره‌ی کنجد صورت نپذیرفته است لذا در این پژوهش، اثر دو عامل فرمولاسیون شامل درصد پودر شکر و درصد منودی‌گلیسرید و دو عامل فرآیندی شامل درجه حرارت و زمان فرآیند تولید در آسیاب گلوله‌ای بر ویژگی‌های رئولوژیکی شامل ضریب قوام و

1 .Coefficient consistency
2.Apparent viscosity

شاخص رفتار جریان و شاخص‌های حسی و همچنین خروج روغن از بافت کره کنجد، مورد بررسی قرار گرفت.

2- مواد و روش‌ها

2-1-مواد اولیه

مواد اولیه‌ی مورد استفاده در این تحقیق، عبارت بودند از: کنجد، پودر شکر، پودر شیر خشک، پودر منودی گلیسرید و وانیل.

کنجد مورد استفاده از نوع پاکستانی بود که پس از طی مراحل پوست‌گیری و بو دادن با استفاده از یک آسیاب سنگی مخصوص پایلوت با ظرفیت 50kg/h، ساخت شرکت گورمکسان[1] ترکیه، آسیاب تا در نهایت به اره با قطر متوسط ذرات 100mic تبدیل گردید و سپس از نظر شاخص‌های شیمیایی مطابق با استاندارد ملی ایران مورد آزمون قرار گرفت(4) نتایج حاصله عبارتند از: رطوبت (7درصد وزنی)، پروتئین (20/5 درصد وزنی)، چربی(48 درصد وزنی)، خاکستر (4/1 درصد وزنی)، اسیدیته بر حسب اسیداولئیک (0/1درصد) و پراکسید بر حسب میلی اکی والان در کیلوگرم (0/2).

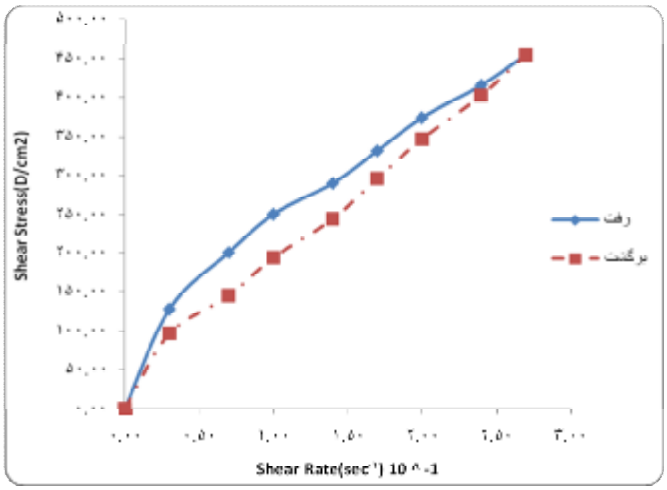
پودر شکر نیز از آسیاب کردن شکر خریداری شده از شرکت کشت و صنعت کارون تا رسیدن به ذرات با قطر متوسط 100 میکرون تهیه گردیدکه از نظر شاخص‌های شیمیایی مطابق با استاندارد ملی ایران مورد آزمون قرار گرفت(3) نتایج حاصله عبارت بودند از: رطوبت (0/27درصد وزنی)، امتیاز رنگ (18)، پلاریزاسیون (99/8)، قند اینورت(0/02درصد)، انیدریدسولفورو(4ppm).

پودر شیر خشک مورد استفاده در این تحقیق از نوع بدون چربی و خریداری شده از شرکت کاله بود که از نظر شاخص‌های شیمیایی و میکروبیولوژی مطابق با استاندارد ملی ایران آزمایش گردید(5) که نتایج حاصل از آزمون‌های شیمیایی عبارتند از: رطوبت (3/72 درصد وزنی)، چربی (0/66 درصد وزنی)، پروتئین (32/3 درصد وزنی)، اسیدیته بر حسب اسیدلاکتیک (0/14 درصد)، اندیس حلالیت بر حسب میلی لیتر (0/2)و ذرات سوخته بر حسب میلی گرم (5/7). همچنین، نتایج حاصل از آزمون های میکروبیولوژی عبارت بودند از: شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها در هر گرم (200)، کلی فرم در هر گرم (10>) و اشیرشیاکلی (منفی).

پودر منودی گلیسرید با حداقل میزان منودی گلیسرید 90 درصد وزنی از شرکت دنیسکو[2] کشور دانمارک خریداری گردید. پودر وانیل نیز از انواع تجاری موجود در بازار، تهیه گردید.

2-2- تهیه‌ی تیمارهای کره‌ی کنجد

برای تهیه‌ی کره‌ی کنجد از آسیاب گلوله‌ای مخصوص پایلوت و ساخت شرکت آیدین گستر تبریز باگلوله‌هایی از جنس کروم استیل و با قطر 6mm و ظرفیت 15kg در هر بار آزمایش استفاده گردید. برای ساخت کره‌ی کنجد، ابتدا ارده به داخل آسیاب گلوله‌ای ریخته شد و سپس پودر شکر در مقادیر 34 ، 38 و42 درصد وزنی و پودر منودی گلیسرید در مقادیر1 و 2 درصد وزنی در فاصله‌ی زمانی 10 دقیقه به تدریج به داخل آسیاب گلوله‌ای افزوده شد و در نهایت، شیرخشک بدون چربی به میزان 2 درصد وزنی و وانیل به میزان 0/1 درصد وزنی به محتویات درون آسیاب اضافه گردید. مدت زمان سایش در آسیاب با توجه به ویژگی‌های بافتی کره‌ی کنجد، 3 و 5 ساعت و درجه حرارت نیز بر اساس قابلیت های دستگاه ، 45 و 65 ^{o}C در نظر گرفته شد و لذا در مجموع 24 تیمار کره‌ی کنجد تهیه گردید. با اتمام فرآیند، کره‌ی کنجد تولید شده، در قوطی‌های 400g به تعداد مورد نیاز بسته‌بندی گردید. شرایط فرآیند و فرمولاسیون کلیه‌ی تیمارها در جدول 1، نشان داده شده است.



شکل1- حلقه هیسترسیس کره‌ی کنجد در تیمار شماره‌ی 1 (34 درصد شکر، 1 درصد منودی گلیسرید ، 45 درجه‌ی سانتیگراد ، 3 ساعت)

1. Gurmakson.co

2.Danisco co .

جدول 1- تیمارهای مختلف مورد استفاده در تولید کره‌ی کنجد

شماره تیمار	زمان(h)	درجه حرارت(C)	درصد شکر	درصد منوگلیسرید	درصد شیرخشک	درصد اراده
1	3	45	34	1	2	63
2	5	45	34	1	2	63
3	3	65	34	1	2	63
4	5	65	34	1	2	63
5	3	45	38	1	2	59
6	5	45	38	1	2	59
7	3	65	38	1	2	59
8	5	65	38	1	2	59
9	3	45	34	2	2	62
10	5	45	34	2	2	62
11	3	65	34	2	2	62
12	5	65	34	2	2	62
13	3	45	38	2	2	58
14	5	45	38	2	2	58
15	3	65	38	2	2	58
16	5	65	38	2	2	58
17	3	45	42	1	2	55
18	5	45	42	1	2	55
19	3	65	42	1	2	55
20	5	65	42	1	2	55
21	3	45	42	2	2	54
22	5	45	42	2	2	54
23	3	65	42	2	2	54
24	5	65	42	2	2	54

2-3- اندازه گیری شاخص‌های رئولوژیک

اندازه‌گیری شاخص های رئولوژیکی شامل ضریب قوام(k) و شاخص رفتار جریان (n) با استفاده از دستگاه گرانروی سنج چرخشی[1] مدل RVDV III Ultra ساخت شرکت بروکفیلد آمریکا با تجهیزات جانبی شامل نمونه گیر و بن‌ماری به منظور تنظیم درجه حرارت صورت پذیرفت. برای انجام آزمون از دوک چرخان[2]، مدل SC-27 و سرعت های 1 تا 8 دور در دقیقه و در دو مرحله‌ی رفت (افزایش سرعت برشی) و برگشت (کاهش سرعت برشی) و درجه حرارت ^{o}C 45 استفاده گردید. اطلاعات گرانروی به دست آمده با استفاده از نرم افزار Rheocalc 32، نصب شده از طرف شرکت سازنده روی دستگاه گرانروی سنج به داده های رئومتری شامل سرعت برشی[3] و تنش برشی[4] تبدیل و سپس با استفاده از مدل معروف قانون توان سیال های غیر نیوتنی (رابطه‌ی 1)، ضریب قوام وشاخص رفتار جریان محاسبه گردید که در آن σ، تنش برشی، $\dot{\gamma}$، سرعت برشی، k، ضریب قوام و n، شاخص رفتار جریان است. کلیه‌ی آزمون‌ها در سه تکرار انجام شد (10 و 11).

$$\sigma = k.\dot{\gamma}^{n} \qquad (1)$$

2-4- اندازه گیری درصد خروج روغن

برای اندازه گیری میزان خروج روغن، تیمارهای تهیه شده از کره‌ی کنجد به مدت 3 ماه در درجه حرارت ^{o}C 30 نگه داری گردیدند. مدت زمان در نظر گرفته شده با توجه به ارزیابی‌های قبلی و تحقیقات صورت پذیرفته در محصولات مشابه از جمله حلوا شکری، ارده و کره‌ی پسته بوده است(13و 14و 24). با توجه به این که خروج روغن در حلوا شکری و ارده، معمولاً تا دو ماه پس از تولید به حداکثر مقدار خود می‌رسد لذا در این تحقیق، سه ماه برای بررسی کامل خروج روغن از بافت کره کنجد در نظر گرفته شد. میزان روغنی که به طور طبیعی از بافت کره‌ی کنجد خارج گردید با استفاده از یک پیپت پاستور جمع آوری و میزان کاهش وزن محصول نسبت به وزن اولیه با استفاده از با رابطه‌ی (2)

1.Rotational viscometer
2.Spindle
3.Shear stress
4.Shear rate

محاسبه و به عنوان درصد خروج روغن در نظر گرفته شد. کلیه‌ی آزمون‌ها در سه تکرار انجام پذیرفت(13 ، 14 و 24).

$$\text{درصد خروج روغن} = \frac{\text{وزن ثانویه} - \text{وزن اولیه}}{\text{وزن اولیه}} \times 100 \quad (2)$$

2-5-ارزیابی حسی

برای انتخاب بهترین تیمار، ارزیابی حسی به روش آزمون میزان لذت بخشی نمونه[1] و با اختصاص امتیاز (5 بهترین و 1 بدترین)انجام پذیرفت (10 و 15). شاخص‌های حسی در نظر گرفته شده شامل قابلیت پخش پذیری[2] ، احساس دهانی[3] ، طعم[4]، میزان شیرینی[5] ، بافت[6] و پذیرش کلی[7] بودند(10 و 15). برای انجام آزمون از 11 نفر داور در محدوده‌ی سنی 35-25 سال که با محصولات حاصل از ارده و حلوا آشنایی داشتند استفاده گردید. آموزش‌های اولیه به داوران، ارائه و شرایط محیطی لازم برای ارزیابی، فراهم گردید. کلیه‌ی تیمارها با یک کد سه رقمی، شماره گذاری و به همراه فرم ارزیابی، یک چاقو، یک قطعه نان تست و یک لیوان آب به داوران ارائه شد. کلیه‌ی آزمون ها در سه تکرار صورت پذیرفت.

2-6-تجزیه‌ی آماری

کلیه‌ی نتایج حاصل از آزمون های رئولوژیکی و خروج روغن از طریق آزمون آنالیز واریانس(ANOVA) و با استفاده از نرم افزار Minitab در سطح 95 درصد، مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. نتایج حاصل از ارزیابی‌های حسی نیز، پس از انجام آزمون آنالیز واریانس با استفاده از آزمون دانکن، رتبه‌بندی روی آن‌ها صورت پذیرفت.

3- نتایج و بحث

3-1- نتایج ارزیابی‌های رئولوژیکی

3-1-1- بررسی رفتار جریان

بررسی رفتار جریان منحنی‌های به دست آمده از تمامی تیمارها در مرحله‌ی رفت و برگشت، یک ناحیه‌ی پسماند را نشان می‌دهد و میزان گرانروی ظاهری در مسیر برگشت، کم‌تر از مسیر رفت است که یک نمونه از منحنی‌های به دست آمده در نمودار 1، نشان داده شده است. این امر، احتمالاً به دلیل اثر نیروهای برشی بر ساختمان مولکولی نمونه‌ها و یا کشیده شدن ذرات در جهت جریان می باشد که در نتیجه، باعث کاهش گرانروی آن ها با گذشت زمان می‌گردد و لذا سیال رفتار وابسته به زمان داشته و تیکسو تروپیک[8] است. در مسیر برگشت نیز، به دلیل اعمال نیروهای برشی قبلی و منظم شدن ذرات، اصطکاک بین ذرات کم تر شده و به همین علت، گرانروی در مسیر برگشت کاهش یافته است (6و12). مشابه چنین نتایجی، در سایر تحقیقات صورت پذیرفته نیز به دست آمده است(10و15). همچنین، نمودارهای به دست آمده، نشان دهنده‌ی آن است که با تغییر سرعت برشی، تنش برشی در تمامی تیمارها و در هر دو مسیر رفت و برگشت به صورت غیر خطی افزایش می‌یابد و لذا می توان نتیجه گیری نمود که کره‌ی کنجد از نوع سیالات غیر نیوتنی است و با توجه به این که کمیت به دست آمده برای شاخص رفتار جریان در تمامی تیمارها، مقادیری کم‌تر از یک است لذا سیال مورد آزمون از نوع سیالات ضعیف شونده با برش (شبه پلاستیک[9]) است(6 و12). نتایج تحقیقات انجام شده روی محصولات مشابه کره‌ی کنجد از جمله ارده، حلوا، مخلوط ارده و شیره نیز نشان دهنده‌ی یک رفتار شبه پلاستیک در این سیالات است (8 ، 9، 10، 11 و 15).

3-1-2- بررسی تغییرات ضریب قوام و شاخص رفتار جریان

نتایج به دست آمده از اثر متغیرهای تحقیق بر ضریب قوام و شاخص رفتار جریان تیمارهای کره‌ی کنجد در جدول 2، نشان داده شده است که با مدل قانون توان به خوبی قابل توصیف است. مقادیر به دست آمده برای ضریب قوام در تیمارهای مختلف کره‌ی کنجد، دارای محدوده‌ی $86/801\text{-}160/435\ Pa.s^n$ است و تجزیه و تحلیل آماری نتایج به دست آمده، نشان دهنده‌ی آن است که تمامی متغیرهای تحقیق به صورت معنی‌داری($p<0/05$) بر ضریب قوام محصول موثر هستند اما شدت اثر درجه حرارت و زمان فرآیند تولید، بیش از سایر متغیرها است. نتایج، نشان می‌دهد که با افزایش زمان فرآیند تولید، ضریب قوام در تمام تیمارها

1.Hedonic scale
2.Spread ability
3.Mouth feel
4.Flavor
5.Sweetness
6.Texture
7.Overall acceptance

8. Thixo tropic
9. pseodoplastic

افزایش می‌یابد. علت این امر را می‌توان این‌چنین توصیف نمود که فرآیند تولید کره‌ی کنجد در آسیاب گلوله‌ای، نوعی فرآیند سایشی است که از یک طرف منجر به کاهش اندازه‌ی ذرات و از طرف دیگر، موجب امتزاج و یکنواخت شدن مخلوط می گردد و اگر چه با کاهش اندازه‌ی ذرات انتظار می رود سیالیت محصول افزایش یابد(6) اما باید توجه داشت که با کوچک شدن اندازه‌ی ذرات و همچنین تداوم فرآیند مخلوط شدن ترکیبات، این احتمال وجود دارد که در اثر واکنش‌های بین ذرات ماده‌ی غذایی، به ویژه بین فاز جامد و فاز غیرجامد(روغن) و مخصوصاً در حضور ترکیباتی نظیر منودی گلیسرید که خاصیت امولسیفایری و پایدار کنندگی دارند امتزاج و چسبندگی بین ذرات بیش‌تر شده و لذا در مجموع موجب افزایش ضریب قوام می‌گردد.

درجه حرارت، عامل مهم دیگری است که افزایش آن، موجب کاهش ضریب قوام گردیده است که نتایج به دست آمده با سایر تحقیقات انجام شده مطابقت دارد (7 ، 10 ، 11و 15). حرکت ذرات یک سیال تا حد زیادی وابسته به نیروهای بین مولکولی آن سیال است. با افزایش درجه حرارت، تحرک ذرات سیال بیش تر شده و همین امر موجب افزایش فاصله بین ذرات و کاهش نیروهای بین مولکولی و در نتیجه، افزایش سیالیت و روانی محصول می گردد(6 و 12).

افزایش درصد شکر نیز، باعث افزایش ضریب قوام و گرانروی در کره‌ی کنجد شده است. تحقیقات انجام پذیرفته روی سایر محصولات مشابه کره‌ی کنجد، از جمله مخلوط ارده و شیره‌ی خرما یا شیره‌ی انگور، نشان‌دهنده‌ی همین امر است که با افزایش درصد شیره و یا بریکس آن، ضریب قوام افزایش یافته است (10 و 15) . افزایش درصد شکر در فرمولاسیون کره‌ی کنجد، نسبت بین فاز جامد به فاز غیر جامد(روغن) و همچنین میزان فاز جامد در کل محصول را افزایش می‌دهد و همین امر موجب افزایش ضریب قوام محصول می‌گردد. در تحقیق صورت پذیرفته روی آکامو که یک محصول غذایی نیمه جامد بدست آمده از ذرت است، افزایش درصد مواد جامد، موجب افزایش گرانروی و ضریب قوام محصول شده است(21).

افزایش درصد منو دی گلیسرید نیز، موجب افزایش ضریب قوام گردیده است. منو دی گلیسرید ترکیبی است که معمولاً به عنوان پایدار کننده و امولسیفایر در محصولاتی نظیر کره‌ی پسته و کره‌ی بادام زمینی به منظور جلوگیری از روغن زدگی و دو فاز شدن آن‌ها استفاده می‌گردد. به کارگیری این ترکیب در فرمولاسیون کره‌ی کنجد از یک طرف موجب اتصال ذرات محصول به یکدیگر و در نتیجه، کاهش سیالیت آن‌ها شده و از طرف دیگر، منو دی گلیسرید با ایجاد یک ماتریس کریستالی در فاز روغنی، باعث سفت شدن بافت محصول و کاهش سیالیت آن می‌گردد(16، 17و 24).

بررسی نتایج جدول 2، نشان می دهد که مقادیر شاخص رفتار جریان در تیمارهای مختلف کره کنجد، دارای محدوده‌ای از 0/54 تا 0/9 بوده است که نشان دهنده‌ی یک رفتار شبه پلاستیک در تمامی نمونه‌ها است. نزدیک بودن n به یک، نشان دهنده‌ی رفتار نیوتنی بیش‌تر و دور بودن آن از یک، رفتار شبه پلاستیکی بیش‌تری را نشان می دهد(6و 12).

تجزیه و تحلیل آماری نتایج به دست آمده نشان می دهد که کلیه‌ی متغیرهای تحقیق به طور معنی داری ($P<0/05$) بر شاخص رفتار جریان مؤثر هستند و در این رابطه، اثر درجه حرارت و درصد منودی گلیسرید، بیش از سایر عوامل است به طوری که با افزایش درجه حرارت، شاخص رفتار جریان در تمامی تیمارها کاهش یافته است که با نتایج به دست آمده از تحقیقات دیگر روی محصولات مشابه نظیر مخلوط ارده و شیره‌ی انگور یا خرما مطابقت دارد(10، 15، 20).

درصد منودی گلیسرید، عامل مهم دیگری است که افزایش آن، موجب کاهش شاخص رفتار جریان و ایجاد حالت شبه پلاستیکی بیش‌تر در محصول شده است. خواص امولسیفایری و مخصوصاً پایدار کنندگی این ترکیب موجب می‌گردد تا با اتصال ذرات به یکدیگر و همچنین افزایش گرانروی فاز روغنی، موجب سفتی بیش‌تر محصول و دور شدن آن از حالت نیوتنی به شبه پلاستیکی می‌گردد. نتایج حاصل از تحقیق صورت پذیرفته روی روغن ارده، نشان داده است که این ترکیب دارای رفتار نیوتنی است و هر عاملی که موجب افزایش گرانروی روغن گردد رفتار شبه پلاستیکی بیش تری را در آن ایجاد می‌نماید (9).

افزایش زمان فرآیند تولید عامل دیگری است که موجب افزایش شاخص رفتار جریان و نزدیک‌تر شدن آن به یک و در نتیجه رفتار نیوتنی بیش تر در محصول شده است. با توجه به این که افزایش زمان فرآیند تولید، موجب کم شدن قطر ذرات و یکنواخت شدن محصول می گردد این احتمال وجود دارد که در

نتیجه نرم شدن و یکنواخت شدن سیال، رفتار نیوتنی بیش تر در آن ظاهر گردیده است .

افزایش درصد شکر نیز، اگرچه به طور معنی داری باعث کاهش شاخص رفتار جریان شده است اما اثر آن به مراتب کم‌تر از سایر عوامل است. علت کاهش شاخص رفتار جریان را می توان به افزایش درصد مواد جامد در محصول دانست. در تحقیقی که روی ویژگی‌های رئولوژیکی ارده صورت پذیرفته است نتایج حاصله، نشان داده است که روغن ارده دارای رفتار نیوتنی است و با افزودن مواد جامد به آن تا 20 درصد، این رفتار را نشان می‌دهد اما در مقادیر بالاتر، رفتار جریان از نیوتنی به شبه پلاستیکی تغییر می‌یابد. در تحقیق دیگر روی اثر جایگزین‌های چربی شامل صمغ گوار، زانتان و نشاسته بر مخلوط‌های ارده و شیره‌ی خرما، نتایج به دست آمده نشان داد که با افزایش غلظت هر یک از جایگزین‌های چربی، شاخص رفتار جریان کاهش می‌یابد (9 و20).

3-2- نتایج خروج روغن از بافت کره‌ی کنجد

نتایج حاصل از خروج روغن از بافت کره‌ی کنجد در طی مدت سه ماه نگه داری در درجه حرارت ^{o}C 30 در تیمارهای مختلف کره‌ی کنجد شکری در جدول 3 ، نشان داده شده است.

تجزیه و تحلیل آماری نتایج به دست آمده از خروج روغن از بافت کره‌ی کنجد نشان می‌دهد که تمامی متغیرهای تحقیق به صورت معنی داری($p<0/05$)، بر خروج روغن از بافت این محصول، مؤثرهستند اما اثر دو عامل درصد منودی گلیسرید و درجه حرارت فرآیند تولید، بیش از سایر عوامل است.

نتایج تحقیق، نشان داده است که افزایش درصد منودی گلیسرید، بویژه هنگام استفاده از درجه حرارت‌های پایین($45^{o}C$)، موجب کاهش خروج روغن از بافت کره کنجد شده است که علت این امر را می توان به خصوصیات امولسیفایری و بویژه پایدار کنندگی منودی گلیسرید نسبت داد که از یک طرف موجب اتصال ذرات به یکدیگر شده و بدین ترتیب از حرکت و خروج روغن از بافت محصول جلوگیری می‌نماید و از طرف دیگر، با ایجاد یک ماتریس کریستالی در فاز روغنی، موجب افزایش گرانروی و سفتی بافت محصول و ممانعت از ته نشینی ذرات و درنتیجه دو فاز شدن آن می گردد (16و17). بطور کلی استفاده از ترکیباتی نظیر منو دی گلیسرید و لستین، در فرآورده های مشابه کره کنجد، از جمله حلوا، کره بادام زمینی، کره پسته وارده متداول است(2و 16و17و 24). در فرآیند تولید کره بادام زمینی که محصولی مشابه کره کنجد است از ترکیباتی نظیر منو دی گلیسرید و روغنهای هیدروژنه شده با اسیدهای چرب 20 الی 22 کربنه، بعنوان ترکیباتی پایدار کننده، در جلوگیری از خروج روغن از بافت محصول یاد شده است. در این محصول، استفاده از مونودی گلیسرید، در مقادیر 1 الی 4 درصد و ترجیحاً 1/5 الی 3/5 درصد، توصیه شده است(16 و 17).در تحقیق دیگر نیز، استفاده از مقادیر1 درصد منودی گلیسرید بهمراه 1 درصد لستین، بهترین اثر را در جلوگیری از خروج روغن از بافت کره پسته داشته است(24).

یکی دیگر از عوامل بسیار موثر بر خروج روغن از بافت کره‌ی کنجد، استفاده از درجه حرارت‌های بالا در فرآیند تولید این محصول است به طوری که حتی در تیمارهای حاوی 2درصد منودی‌گلیسرید نیز خروج روغن از بافت مشاهده می‌گردد. استفاده از درجه حرارت های بالا موجب می‌شود تا سیالیت و تحرک فاز روغنی افزایش یافته و به دلیل وزن مخصوص کم تر فاز روغنی در مقایسه با سایر ترکیبات موجود در کره‌ی کنجد از جمله پروتئین و شکر ، تمایل به جدا شدن از بافت محصول و حرکت به سمت سطح آن افزایش یابد(16و17). ضمن آن که به کارگیری درجه حرارت های بالا ($65\ ^{o}C$)، به دلیل قرار گرفتن در محدوده‌ی نقطه‌ی ذوب منودی‌گلیسرید($70\text{-}65\ ^{o}C$)، موجب تغییر شکل آن از حالت کریستالی و جامد به فاز مایع و بی‌شکل شده و به‌ویژه هنگامی‌که فرآیند تولید به مدت طولانی در حرارت های بالا انجام پذیرد، این تغییر حالت موجب می شود تا منودی گلیسرید نتواند خواص پایدار کنندگی خود را به نحو مطلوبی اعمال نماید. در سایر تحقیقات انجام شده روی محصولات مشابه از جمله کره‌ی بادام زمینی نیز بر استفاده از درجه حرارت‌های پایین تر در فرآیند تولید این محصول و به کارگیری پایدار کننده هایی با نقطه‌ی ذوب بالا به منظور جلوگیری از خروج روغن از بافت محصول تاکید شده است(16و17). در تحقیق انجام شده روی ارده نیز، استفاده از درجه حرارت های بالا ($40\ ^{o}C$)، در هنگام نگه داری محصول، خروج روغن از بافت ارده را تسریع بخشیده است که این امر به کاهش گرانروی ارده در درجه حرارت های بالا نسبت داده شده است(13).

جدول 2- مقادیر اندیس رفتار جریانی و ضریب قوام در تیمارهای کره‌ی کنجد

زمان سایش (ساعت)		3						5					
دمای هم زدن (C°)		45			65			45			65		
منودی گلیسرید	شکر(%)	ضریب قوام (k)	اندیس رفتار جریانی (n)	R^2	ضریب قوام (k)	اندیس رفتار جریانی (n)	R^2	ضریب قوام (k)	اندیس رفتار جریانی (n)	R^2	ضریب قوام (k)	اندیس رفتار جریانی (n)	R^2
1	34	98/118	0/86	0/98	86/801	0/73	0/98	126/466	0/90	0/99	915/56	0/74	0/99
	38	100/846	0/86	1/00	873/03	0/71	0/99	149/043	0/88	0/99	115/903	0/73	0/99
	42	N.A	N.A	--	N.A	N.A	--	N.A	N.A	-	N.A	N.A	--
2	34	118/844	0/81	1/00	88/530	0/54	0/95	154/030	0/85	0/99	95/662	0/64	0/94
	38	143/952	0/81	0/98	95/489	0/54	0/97	160/435	0/84	0/99	117/543	0/63	0/98
	42	N.A	N.A	--	N.A	N.A	-	N.A	N.A	--	N.A	N.A	--

غیر قابل اندازه‌گیری :N.A

جدول 3- نتایج خروج روغن از بافت تیمارهای کره‌ی کنجد شکری

زمان سایش (h)		3		5	
درجه حرارت (^oC)		45	65	45	65
منودی گلیسرید (درصد)	شکر(درصد)	خروج روغن (درصد)	خروج روغن (درصد)	خروجروغن (درصد)	خروج روغن (درصد)
1	34	5/34	7/7	0/00	7/60
	38	4/56	6/97	0/00	6/73
	42	3/68	6/00	0/00	5/60
2	34	0/00	4/49	0/00	4/17
	38	0/00	2/33	0/00	2/1
	42	0/00	0/00	0/00	0/00

جدول 4- بهترین تیمارهای انتخاب شده از نظر ارزیابی حسی

فرمولاسیون و شرایط تولید تیمار	دما (^oC)	زمان(h)	درصد شکر	درصد منودی گلیسرید	درصد شیرخشک	درصد ارده
2	45	5	34	1	2	63
6	45	5	38	1	2	59

افزایش زمان فرآیند تولید نیز با شدت کم‌تر، موجب کاهش خروج روغن از بافت کره‌ی کنجد گردیده است فرآیند تولید کره‌ی کنجد در آسیاب گلوله‌ای، یک فرآیند سایشی است و لذا اثر این عامل در جلوگیری از خروج روغن را می‌توان این چنین توجیه نمود که در نتیجه فرآیند سایش و کاهش اندازه ذرات فاز جامد و گلبول‌های چربی، پخش شدن این ذرات در یکدیگر افزایش یافته و واکنش احتمالی بین فاز روغنی و فاز جامد و به طور کلی امتزاج و مخلوط شدن مواد در یکدیگر، موجب چسبندگی و اتصال بین ذرات می‌گردد که می تواند از پدیده دو فاز شدن در محصول جلوگیری نماید(13 و 23). مطابق با قانون استوک[1] (رابطه 3)، یکی از عوامل مؤثر در سرعت ته‌نشینی مواد، اندازه ذرات است به طوری که هر قدر اندازه‌ی ذرات، بزرگ‌تر باشد سرعت ته‌نشینی افزایش می‌یابد و لذا فرآیند سایش در دستگاه آسیاب گلوله‌ای که منجر به کاهش اندازه ذرات می‌گردد باعث می شود تا سرعت رسوب مواد جامد و در نتیجه دو فاز شدن محصول کاهش یابد(13 و 23).

$$V_g = \frac{d^2(\rho_p - \rho_f)}{18\mu}.g \qquad (3)$$

Vg : سرعت ته نشینی ($m.s^{1}$)

d : قطر ذرات (m)

ρ_f : دانسیته‌ی فاز جامد ($kg.m^{-3}$)

ρ_p : دانسیته‌ی فاز پیوسته ($kg.m^{-3}$)

m : گرانروی فاز پیوسته

g : شتاب ثقل ($9.81\ ms^{-2}$)

در تحقیقی که روی پایداری کلوئید ارده نیز انجام پذیرفت هنگامی که اندازه‌ی ذرات ارده از 32 mic به کم‌تر از 5mic رسید، پایداری کلوئید ارده افزایش یافته و دو فاز شدن محصول به حداقل رسید(13).

افزایش درصد پودرشکر در کره‌ی کنجد شکری نیز به صورت معنی داری ($p<0.05$)، موجب کاهش خروج روغن از بافت این محصول، شده است. افزایش درصد شکر، موجب می‌شود تا میزان فاز جامد در کل محصول و همچنین نسبت فاز جامد به فاز مایع (روغن) افزایش یابد که همین امر موجب افزایش گرانروی و قوام محصول شده و در نتیجه از دوفاز شدن آن جلوگیری می‌نماید. در تحقیق صورت پذیرفته روی حلوا نیز نتایج به دست آمده نشان داده است که افزودن شکر به ارده در حین فرآیند تولید این محصول، پایداری آن را در برابر خروج روغن افزایش داده است (14).

3-3- نتایج حاصل از ارزیابی حسی

نتایج حاصل از ارزیابی‌های حسی و تجزیه و تحلیل آماری آن نشان داد که بین تیمارهای مختلف از نظر ویژگی‌های مورد بررسی، اختلاف معنی‌دار وجود دارد اما در اکثر شاخص‌های مورد بررسی، تیمارهای 10، 16، 20، 24، 2، 6 دارای امتیاز بالاتری نسبت به سایر تیمارها کسب نمودند. نکته‌ی قابل توجه آن است که ارزیابی‌های حسی بلافاصله پس از تهیه‌ی تیمارها انجام پذیرفت و از آن‌جا که نتایج حاصل از خروج روغن از بافت محصول مشخص نگردیده بود لذا برخی از تیمارها، علی رغم این که دارای امتیاز بالایی از نظر ارزیابی حسی بودند به دلیل نقیصه‌ی خروج روغن از بافت، حذف گردیدند و لذا مجدداً ارزیابی حسی روی 6 تیماری که دارای امتیاز بالاتری بودند انجام پذیرفت و تیمارهای 2 و 6 به عنوان بهترین تیمارها از نظر ارزیابی حسی انتخاب گردیدند که فرمولاسیون و شرایط فرآیند تولید آن‌ها در جدول 4، آمده است.

4- نتیجه گیری

نتایج حاصل از این تحقیق، نشان داد که کلیه‌ی متغیرهای مورد بررسی شامل درصد پودر شکر، درصد منو دی گلیسرید درجه

1- Stoke's law

حرارت و زمان فرآیند تولید به طور معنی دار ($p<0/05$)، بر ویژگی‌های رئولوژیکی، حسی و خروج روغن از بافت کره‌ی کنجد مؤثر هستند. بررسی نتایج حاصل از ویژگی‌های رئولوژیکی نشان داد که مهم‌ترین عوامل موثر بر ضریب قوام محصول، درجه حرارت و زمان فرآیند تولید می باشند که به ترتیب، باعث کاهش و افزایش ضریب قوام می‌گردند در حالی که دو عامل درصد شکر و درصد منو دی‌گلیسرید به میزان کم، موجب افزایش ضریب قوام می گردند .

تغییرات میزان شاخص رفتار جریان، بیش تر تحت تاثیر دو عامل درجه حرارت و درصد منو دی‌گلیسرید بود و هر دو عامل موجب کاهش این شاخص گردیدند در حالی که دو عامل دیگر، یعنی درصد شکر و زمان فرآیند تولید به ترتیب موجب کاهش و افزایش شاخص رفتار جریان شدند.

نتایج حاصل از اثر متغیرهای تحقیق بر خروج روغن از بافت کره‌ی کنجد نیز نشان داد که مهم‌ترین عامل تاثیرگذار، درجه حرارت فرآیند تولید است و چنانچه این عامل بیش از حد افزایش یابد حتی با افزایش درصد منودی گلیسرید که عامل مهم دیگر در جلوگیری از خروج روغن از بافت این محصول است نیز نمی توان از بروز این پدیده جلوگیری نمود. افزایش زمان فرآیند تولید و درصد شکر نیز با شدت کم تر در مقایسه با دو عامل فوق، موجب ممانعت از خروج روغن می گردیدند.

نتایج حاصل از ارزیابی حسی نیز نشان داد که بین تیمارهای مختلف، اختلاف معنی دار وجود دارد و بهترین تیمارها از نظر ارزیابی حسی، تیمارهایی هستند که با فرمولاسیون 34 یا 38 درصد شکر،1 درصد منوگلیسرید و شرایط فرآیند تولید 45 درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت 5 ساعت تهیه می گردند.

5- سپاس گزاری

از جناب آقای دکتر مهدی کریمی عضو هیات علمی و رییس بخش فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی که در انجام این تحقیق، مساعدت فرمودند، سپاس گزاری می گردد.

6- منابع

1-آذر، م و حق‌شناس، ف. 1364. *صنایع غذایی سنتی ایران، حلوا ارده*، موسسه‌ی استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، چاپ اول.

2-موسسه‌ی استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، 1386. حلواارده، ویژگی‌های و روش‌های آزمون، استاندارد ملی ایران، شماره‌ی 2462، تجدیدنظر دوم.

3-موسسه‌ی استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، 1386، شکرسفید، ویژگی‌ها و روش‌های آزمون. استاندارد ملی ایران، شماره‌ی 69، تجدید نظر چهارم .

4-موسسه‌ی استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، 1388، ارده، ویژگی‌ها و روش‌های آزمون، استاندارد ملی ایران، شماره‌ی2695، تجدید نظر اول .

5- موسسه‌ی استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، 1380، شیر خشک، ویژگی‌ها، استاندارد ملی ایران، شماره‌ی 2012، تجدید نظر سوم.

6-توکلی‌پور، حمید. 1386. *اصول مهندسی صنایع غذایی*، انتشارات اکسیر، تهران، صفحات 230-213.

7-Abu- Jadayil, B., Al-Mallah, K. and Asoud, H. 2002.Rheological characterization of milled sesame. *Food Hydrocolloids*, 16:55-61.

8-Abu-Jadayil,B. 2004. Flow properties of sweetened sesame paste (Halwah Tahineh). *European Food Research Technology*,219:265-272.

9-Altay,F.and Ak, M.M.2005.Effect of temperature, shear rate and constituents on rheological properties of tahin(Sesame paste).*Journal of the Science of Food and Agriculture*,85:105-111.

10-Alpaslan , M.and Hayta, M.2002.Rheological and sensory properties of pekmez (grape molasses)/tahin(sesame paste) blends . *Journal of Food Engineering* , 54:84-93.

11-Arslan,E.,Yener,M.E.and Esin, A. 2005. Rheological characteristics of tahin/pekmez(sesame paste/concentrated grape juice)blends. *Journal of Food Engineering* , 69:167-172.

12-Barnes,H.A,Hutton,J.F. and walters, K.1989. *Anintroduction to rheology*. Elsevier, Amsterdam, PP: 115-139.

13- Ciftci,D.,Kahyaoglu,T.,Kapucu,S.and kaya, S. 2008. Colloid stability and rheological properties of sesame paste. *Journal of food Engineering*,87: 428-435.

14- Ereifej, k.I. and Rababah, M.T. 2005. Quality attributes of Halva by utilization of proteins, non hydrogenated palm oil, emulsifiers, gum Arabic, sucrose and calcium chloride.*International journal of food properties* , 8:415-422.

15-Habibi – Najafi, M.B. and Alaei, Z. 2006. Rheological properties of date syrup /sesame paste blends . *World Journal of Dairy and Food Science* , 1(1):01-05.

16-Liu, L.2006. Sweetened peanut butter spread and method for its production, U.S. Patent 6,982, 101B2.
17-Mc coy , S.A. 1982.Peanut butter , stabilizer , U.S. Patent 4,341, 814.
18- Namiki, M.1995. The chemistry and physiological function of sesame. *Food Reviews International*, 11(2):281-329.
19-National Nutrient Database for standard Reference.2003. Release. 16, Available at: http://www.nal. nsda.gov/fnic/food.com/Data/SR16.
20-Razavi, seyed M. A., Habibi- Najafi , M.B. and Alaee, Z, 2007.The time independent rheological properties of low sesame paste /date syrup blend as a function of fat substituents and temperature . *Food Hydrocolloids* , 21:198-202.
21-Sopada, P.A. and Filibus , N.1995.The influence of solid and sugar content on rheological characteristics of Akamo , a semisolid maize food . *Journal Food Engineering* , 24:197-211.
22- Sawaya,W.N.,Jehangir, M.A., Khalil, K. and Al- Shalhat, A.F. 1985.chemical composition and nutritional quality of Tehineh (sesame butter).*Food Chemistry* , 18(1):35-54.
23-Servais, C., Jones, R. and Roberts, I.2002.The influence of particle size distribution on the processing of food. *Journal of Food Engineering*, 30: 87-98.
24- Shaker Ardekani, A., Shahedi, M.and Kabir, GH. 2009. Optimizing formulation of pistachio butter production. *Journal of Science and Technology Agricultural and Nutritional Resource*, 13(47A):60-63.