

# تأثیر رطوبت پلت بر برخی ویژگی‌های فیزیکی و حسی-چشایی اسنک گندم

مهسا مجذوبی<sup>۱\*</sup>، بهنوش ایمانی<sup>۲</sup>، عسگر فرحناکی<sup>۳</sup>

۱- دانشیار بخش علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، ایران

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، ایران

۳- استاد بخش علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۲/۱۲/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۳/۶/۳)

## چکیده

اسنک‌ها از جمله غذاهای پرطرفدار می‌باشند، لذا بهبود کیفیت آن‌ها از اهمیت بسیاری برخوردار می‌باشد. یکی از انواع اسنک‌ها محصولات نیمه آماده (پلت) بر پایه غلات می‌باشد که به صورت خشک به فروش می‌رسند و سپس توسط مصرف کننده برای چند دقیقه در روغن داغ سرخ می‌شود تا اسنکی پف کرده، ترد و قابل خوردن بوجود آید. هدف از انجام این تحقیق تعیین رطوبت مناسب برای پلت به منظور دستیابی به کیفیت مطلوب این نوع اسنک بود. پلت‌ها با استفاده از اکسترودر تک ماریچی با مخلوط کردن آرد و نشاسته گندم با رطوبت نهایی ۷/۵٪ تولید شدند. رطوبت این پلت‌ها در مقادیر ۵، ۱۰، ۱۲، ۱۴ و ۱۶٪ تنظیم شد. پلت‌ها در روغن در دمای ۱۸۵ C° تا رسیدن به بیشینه حجم سرخ شدند و ویژگی‌های فیزیکی و حسی-چشایی آن‌ها مطالعه گردید. افزایش رطوبت از ۵ تا ۱۶٪ پلت باعث کاهش دانسیته، افزایش روشنایی، کاهش قرمزی و زردی اسنک شد. نیروی لازم برای شکستن اسنک با افزایش رطوبت تا ۱۰٪ کاهش یافت ولی در درصدهای بالاتر رطوبت نیروی لازم افزایش یافت. افزایش رطوبت پلت تا ۱۴٪ باعث بهبود ویژگی‌های حسی-چشایی اسنک‌ها شد ولی افزایش بیشتر رطوبت باعث کاهش این خصوصیات شد. تنظیم رطوبت پلت یک راهکار عملی و قابل اجرا در واحدهای صنعتی برای بهبود ویژگی‌های کیفی اسنک می‌باشد. مناسب‌ترین رطوبت پلت در محدوده ۱۰-۱۲٪ بود. در رطوبت‌های کمتر و بیشتر از این محدوده کیفیت و ویژگی‌های حسی-چشایی محصول کاهش یافت.

کلید واژگان: اسنک، پلت، رطوبت، اکستروژن، غلات

\* مسئول مکاتبات: majzoobi@shirazu.ac.ir

## ۱- مقدمه

به مواد غذایی که در بین وعده های اصلی غذا مصرف می شوند و گاهی نیز جایگزین وعده های اصلی غذایی می شوند و مقدار آن معمولاً کمتر از غذای اصلی است "اسنک" گفته می شود. برخی اسنک ها بر پایه غلات می باشند در حالی که اسنک های بر پایه لبنیات، گوشت، ماهی، مغزیجات و شکلات، سبزیجات و میوه ها نیز وجود دارد [۱]. اسنک ها دارای طرفداران زیادی هستند و بازار در حال رشدی از این محصولات در ایران و جهان وجود دارد. به همین دلیل یافتن راهکارهایی برای بهبود ارزش غذای و کیفیت این محصولات از اهمیت بسیاری برخوردار می باشد. یکی از روش های تولید اسنک ها استفاده از تکنولوژی اکستروژن می باشد [۲]. این روش طی دو دهه اخیر با استقبال گسترده ای روبه رو شده است که دلایل آن عبارتند از: تنوع محصولات تولیدی از نظر شکل و بافت و ترکیبات، هزینه پایین، بازده بالا، کیفیت مطلوب محصول و مخاطره پایین زیست محیطی [۱]. در طی فرایند اکستروژن، اجزاء فرمولاسیون یک ماده غذایی تحت فشار قرار می گیرد و به صورت یک سیال تحت اعمال نیرو و عملیاتی نظیر مخلوط کردن، حرارت دادن و اعمال نیروی برشی به جریان در آمده و با عبور از یک قالب به صورت یک توده شکل داده شده یا حجیم می شوند. فرایند پخت مواد غذایی با اکسترودر در دسته فرایندهای دمای بالا و زمان کوتاه تقسیم بندی می گردد. از میان اسنک های مختلفی که توسط اکستروژن قابل تولید می باشد می توان به نوعی اسنک که ابتدا به صورت نیمه-آماده یا پلت تولید می گردد و سپس در زمان مصرف در روغن داغ سرخ شده و حجیم می شود اشاره نمود [۱، ۲]. مثال معروف این محصول در ایران نوعی پفک موسوم به پفک هندی است. در تولید این محصولات ابتدا مواد خام اولیه شامل آرد غلات، آب، نمک و سایر مواد افزودنی درون یک اکسترودر تا تولید خمیر پخته می شوند. سپس در خروجی اکسترودر به شکل های مختلفی در می آیند و به آرامی تا رطوبت ۱۰-۱۲٪ خشک می شوند تا به حالت شیشه ای خود برسند. در این مرحله، پلت دارای دانسیته بالا و ساختار شیشه ای است و مقدار بسیار کمی آب دارد. سپس محصول بسته بندی شده و به فروش می رسد. این پلت ها در شرایط مناسب تا حدود یک سال ماندگاری دارند، اما به دلیل

ساختار خشک و سفت قابل خوردن نمی باشند و بایستی توسط مشتری (در منزل، رستوران ها و ...) درون روغن داغ غوطه ور شوند تا حجیم گردند. حباب های هوای بسیار کوچک در ساختار پلت هسته های اولیه برای افزایش حجم را محصول را در اثر خروج بخار آب در حین سرخ شدن در روغن داغ فراهم می آورند و باعث پف کردن محصول می شوند [۳]. مواد اولیه برای تولید این نوع اسنک، شرایط فرایند از جمله فشار، دما و رطوبت اولیه پلت بر ویژگی های کیفی محصول نهایی موثر می باشند و بایستی با توجه به ماده اولیه مصرفی کنترل شوند [۴]. تحقیقاتی در زمینه تأثیر عوامل مختلف بر ویژگی های اسنک های مختلف انجام شده است. در مطالعه ای تأثیر مقادیر مختلف رطوبت (۱۶، ۱۷ و ۱۸٪ بر حسب مقدار ماده خشک) بر خصوصیات بافتی محصولات اکسترودر شده در اکسترودر تک مارپیچی، حاوی مقادیر مختلف آرد سویا و آرد گندم مطالعه شد. نتایج نشان داد که در محصولاتی که از آرد گندم یا آرد سویا تهیه شدند با کاهش مقدار رطوبت میزان انبساط افزایش می یابد در حالی که در محصولاتی که در فرمولاسیون آن ها از هر دو نوع آرد سویا و گندم استفاده شده بود، در مقادیر کمتر رطوبت، میزان انبساط کاهش یافته و یا اینکه ثابت می ماند [۵]. تحقیقات نشان داده است که افزایش دمای روغن مصرفی برای سرخ کردن اسنک موجب افزایش ضریب انتقال رطوبت و روغن می شود ولی هر چه زمان خشک کردن پیش از سرخ کردن بیشتر باشد ضریب انتقال رطوبت و جذب روغن کاهش می یابد [۳]. شرایط مختلف فرایند اکستروژن از جمله سرعت ورود مواد، محتوای رطوبت، سرعت مارپیچ و دمای اکسترودر بر دانسیته، میزان انبساط، شاخص جذب آب، و شاخص حلالیت در آب و خصوصیات حسی شامل سفتی و تردی بابت اسنک های حاصل از آرد برنج بررسی شده است. نتایج حاصل نشان داد که افزایش سرعت ورود مواد موجب افزایش انبساط، افزایش شاخص جذب آب و کاهش شاخص حلالیت در آب، افزایش سفتی و کاهش تردی بافت شد. همچنین دماهای بالاتر اکسترودر موجب افزایش انبساط، افزایش شاخص حلالیت در آب و تردی محصولات شد اما دانسیته آن ها کاهش یافت. سرعت مارپیچ تأثیر قابل ملاحظه ای بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی و حسی این اسنک ها نداشت [۶].

## ۲- مواد و روش‌ها

آرد گندم از شرکت آرد سپیدان واقع در مرودشت فارس، نشاسته گندم فوق تصفیه، کارخانه نشاسته ممتاز شیراز، روغن آفتابگردان جهت سرخ کردن، تهیه شده از بازار محلی شیراز و ترکیبات شیمیایی مورد استفاده از شرکت مرک آلمان تهیه گردید.

### ۲-۱- تولید پلت

در این تحقیق با استفاده از اکسترودر تک مارپیچی مخصوص تولید پلت (ساخت شرکت بولر، سوئیس) موجود در کارخانه دادلی واقع در شهرستان مرودشت فارس به شرح زیر تولید شد. مواد اولیه که شامل ۹۰٪ آرد گندم ستاره، ۱۰٪ نشاسته، ۲۵٪ آب و ۲٪ نمک طعام وارد اولین اکسترودر گردید. دما در اکسترودر اول  $90-80^{\circ}\text{C}$  و فشار ۱۵۰ بار بود. در اکسترودر اول فشار بالا و نیروی برشی ایجاد شده از حرکت مارپیچ و اصطکاک میان مواد با بدنه اکسترودر و مارپیچ منجر به تولید یک توده یکنواخت از مواد اولیه شد. سپس این توده یکنواخت وارد اکسترودر دوم شد که در آن تحت تأثیر دمای  $70-60^{\circ}\text{C}$  و فشار ۱۱۰ بار قرار گرفت و در نهایت در انتهای اکسترودر دوم با خروج از منافذ قالب به شکل استوانه برش خورده و شکل گرفت. در این مرحله رطوبت محصول حدود ۲۵٪ بود که برای کاهش رطوبت آن از دو مرحله خشک کن کابیتی با هوای داغ با سرعت ۱ متر بر ثانیه استفاده شد. نمونه‌ها در خشک‌کن اول در دمای  $50^{\circ}\text{C}$  به مدت ۴ ساعت و بعد در خشک کن دوم در دمای  $70^{\circ}\text{C}$  به مدت ۲ ساعت به رطوبت ۷/۵٪ رسیدند که در این حالت به آنها پلت گفته می‌شود. میانگین طول و ضخامت پلت‌ها به ترتیب ۱/۵ سانتی متر و ۱ میلی متر و رنگ آن‌ها زرد روشن بود. پلت‌ها سپس در کیسه‌های پلی اتیلنی بسته بندی و به آزمایشگاه انتقال یافت و در دمای  $20^{\circ}\text{C}$  نگهداری شد. در آزمایشگاه برای رسیدن به رطوبت ۵٪ پلت‌ها درون یک آون در دمای  $60^{\circ}\text{C}$  قرار داده شد و هر ۵ ساعت یکبار رطوبت پلت‌ها تعیین می‌شد تا نمونه هاپس از زمانی حدود ۱۵ ساعت از رطوبت ۷/۵٪ به رطوبت ۵٪ رسیدند. برای رسیدن به رطوبت ۱۰، ۱۲، ۱۴ و ۱۶٪ پلت‌ها به مقدار ۶-۷ گرم درون یک ظرف فلزی مشبک در داخل یک دسیکاتور که در ظرف زیرین آن آب مقطر بود قرار داده شد و دسیکاتور درون یک انکوباتور در دمای  $^{\circ}\text{C}$

در مطالعه‌ای تغییرات محتوای رطوبتی (۲-۱۰٪) در اسنک‌های ذرت تویی شکل بر خصوصیات بافتی توسط دستگاه بافت سنج مطالعه شد. نتایج نشان داد که مقاومت بافت اسنک در مقابل فشردن شدن با افزایش مقدار رطوبت افزایش یافت و تعداد پیک‌های اصلی نیز که نشان دهنده تعداد حباب‌های هوا می‌باشد، با افزایش مقدار رطوبت کاهش یافت [۷].

اثر عوامل مختلف از جمله دما، زمان، مقدار رطوبت اولیه و سرعت هوا بر خصوصیات کیفی اسنک‌های تولید شده از آرد سیب‌زمینی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان داد که افزایش دما با بیشتر نمودن سرعت تبخیر منجر به افزایش ضریب انبساط گردید و افزایش رطوبت و سرعت هوا ابتدا موجب افزایش ضریب انبساط و سپس کاهش آن شد. زمان کم‌ترین تأثیر را بر ضریب انبساط ولی اثر مهمی بر کیفیت داشت. افزایش دما موجب کاهش سفتی اما افزایش رطوبت و سرعت هوا ابتدا موجب کاهش سفتی و سپس افزایش آن گردید [۸].

همچنین ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی اسنک‌های حاوی نشاسته‌ی گندم، ذرت و برنج مطالعه گردیده است. نتایج به دست آمده نشان داد که با افزایش انرژی ویژه مکانیکی اکسترودر مقدار انبساط محصولات افزایش یافت. بیشترین انبساط در اسنک‌های حاوی نشاسته ذرت و کمترین انبساط در اسنک‌های حاوی نشاسته برنج حاصل شد [۹]. ویژگی‌های فیزیکی و حسی پاپ کورن تولید شده از دو نوع ذرت در رطوبت‌های مختلف مطالعه شد. نتایج نشان داد که کنترل رطوبت اولیه دانه‌ها واریته تأثیر بسزایی بر میزان پف کردن و کیفیت حسی محصول دارد [۱۰]. مطالعاتی بر چگونگی تأثیر حرارت و ویژگی‌های فیزیکی ذرت بر حجم اسنک پف شده ذرت نهایی انجام شده و ارتباط نزدیکی میان این پارامترها بدست آمده است [۱۱].

از آنجا که رطوبت پلت اولیه می‌تواند بر ماندگاری و ویژگی‌های کیفی و حسی-چشایی محصول نهایی موثر باشد لذا تعیین مقدار بهینه آن یکی از راهکارهای بهبود کیفیت این نوع اسنک‌ها بشمار می‌آید. هدف اصلی از انجام این تحقیق تعیین مناسبترین مقدار رطوبت اولیه پلت (۵، ۱۰، ۱۲، ۱۴ و ۱۶٪) بر ویژگی‌های اسنک تولید شده بود. پ

## ۲-۵- ارزیابی رنگ اسنک

به منظور ارزیابی رنگ نمونه های مختلف تولید شده تحت تأثیر تیمارهای متفاوت از روش عکس برداری دیجیتال و آنالیز تصاویر بدست آمده توسط نرم افزار فتوشاپ ۸ انجام شد [۱۴].

## ۲-۶- محاسبه مقدار جذب روغن اسنک

مقدار روغن جذب شده طی فرایند سرخ کردن از تفاضل وزن خشک اسنک های سرخ شده از وزن خشک پلت ها قبل از سرخ کردن و تقسیم آن ها بر وزن ماده خشک پلت های قبل از سرخ کردن به دست آمد [۱۵].

## ۲-۷- ارزیابی حسی اسنک ها

پس از تهیه نمونه های نهایی تیمارهای مختلف، این نمونه ها پس از کد گذاری به ۲۴ نفر از ارزیابان حسی زن و مرد نیمه آموزش دیده شامل دانشجویان و کارمندان بخش علوم و صنایع غذایی دانشگاه شیراز ارائه گردید و پارامترهای کیفی آن از جمله رنگ، بافت، طعم و پذیرش کلی مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. آزمون در اتاقک مخصوص ارزیابی حسی انجام شد. ارزیابی رنگ و پذیرش کلی زیر نور سفید و سایر فاکتورهای منظور حذف اثر رنگ، تحت نور قرمز صورت گرفت. آزمون به صورت آزمون هدونیک پنج نقطه ای (عالی، بسیار خوب، خوب، متوسط و بد) تعریف شد [۱۶].

## ۲-۸- تجزیه و تحلیل آماری

کلیه آزمایشات انجام شده در این تحقیق به منظور بررسی تأثیر همزمان سطح رطوبت پلت و دمای فرایند بر خواص فیزیکوشیمیایی و حسی اسنک ها در سه تکرار انجام شد و داده های حاصل با استفاده از نرم افزار SAS ۹.۱.۳ و آزمون دانکن در سطح  $p < 0.05$  مورد آنالیز آماری قرار گرفت.

## ۳- نتایج و بحث

### ۳-۱- نتایج مربوط به زمان لازم برای سرخ کردن

#### پلت ها

نتایج نشان داد (اعداد گزارش نشده است) که زمان لازم برای سرخ کردن پلت ها با افزایش رطوبت آنها کاهش معنی داری

۵۵ قرار گرفت. پلت ها بعد از گذشت ۱ ساعت به رطوبت ۱۰٪، بعد از گذشت ۳ ساعت به رطوبت ۱۲٪، بعد از گذشت ۶ ساعت به رطوبت ۱۴٪ و بعد از گذشت ۱۲ ساعت به رطوبت ۱۶٪ رسیدند. پس از بسته بندی نمونه ها در کیسه های پلی اتیلنی ضخیم به منظور انتشار یکنواخت رطوبت در سرتاسر پلت، نمونه ها به مدت ۲۴ ساعت در سردخانه در دمای  $5^{\circ}\text{C}$  نگهداری شدند.

#### ۲-۲- تعیین زمان مناسب برای سرخ شدن پلت ها

پلت ها درون روغن داغ در دمای  $185^{\circ}\text{C}$  تا زمانی که اسنک به بیشترین مقدار پف کردگی خود برسد (بدون تغییر رنگ به قهوه ای) سرخ شدند. زمان لازم برای رسیدن به بیشینه حجم اسنک ها با شرایط مذکور متفاوت بود که به شرح زیر برای هر نمونه تعیین و گزارش گردید.

پلت ها پس از غوطه ور شدن در روغن داغ به سرعت افزایش حجم می دادند، ولی با افزایش بیشتر زمان سرخ شدن حجم اسنک بیشتر نمی شد اگرچه رنگ آنها قهوه ای و علائم سوختگی مشخص می شد. برای افزایش دقت در زمان خارج نمودن نمونه ها از روغن و عدم تغییر رنگ آن ها هر بار تنها تعداد کمی (۲-۳ پلت) سرخ می شد. لذا زمان لازم برای سرخ شدن هر نمونه را رسیدن به بیشترین حجم قبل از بروز تغییر رنگ در نظر گرفته شد.

## ۲-۳- اندازه گیری دانسیته حجمی اسنک

دانسیته اسنک ها از روش جابجایی با دانه های ارزن طبق روش استاندارد (AACC 2000) به شماره ۱۰-۰۵ محاسبه شد [۱۲].

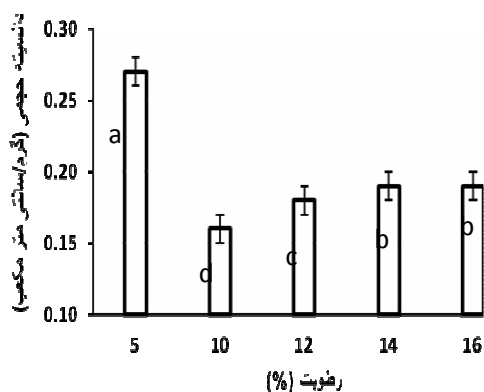
## ۲-۴- ارزیابی بافت اسنک

بافت اسنک ها با استفاده از دستگاه Texture Analyzer ارزیابی شد. قطعاتی از اسنک ها با اندازه های یکسان و سطح یکنواخت برش خورده و تحت اثر پروب مخصوص آزمون نفوذ قرار داده شد. سرعت حرکت پروب قبل از نفوذ و در حین نفوذ  $1\text{ mm/s}$  و بعد از انجام آزمون  $10\text{ mm/s}$  و همچنین میزان نفوذ  $70\%$  ارتفاع اولیه بود. پس از انجام آزمون، مقدار بیشینه نیرو (نیوتن) محاسبه گردید [۱۳].

داشت. به طوری که برای نمونه دارای ۵٪ رطوبت این زمان طولانی‌ترین و برابر ۶۰ ثانیه بود در حالی که با افزایش رطوبت به ۱۰٪ و ۱۲٪ این زمان به طور معنی دار کاهش یافت و به ۲۰ ثانیه رسید. افزایش بیشتر رطوبت پلت زمان سرخ کردن را به ۱۵ ثانیه کاهش داد ولی این کاهش معنی دار نبود ( $P < 0/05$ ). تفاوتی که در زمان سرخ شدن پلت‌ها مشاهده شد مربوط به رطوبت اولیه آنها می‌باشد. رطوبت نقش مهمی را در میزان حجیم شدن پلت ایفا می‌کند. هرچه رطوبت کمتر باشد مقدار آب آزاد برای تولید فشار بخار لازم به منظور رسیدن به بیشینه حجم نیز کمتر است و لذا زمان بیشتری طول می‌کشد تا بیشتر آب موجود در پلت تبخیر شود و فشار لازم برای افزایش حجم محصول را ایجاد کند. از سویی رطوبت تأثیر مهمی بر بافت پلت در حال سرخ شدن دارد به طوری که در محصول با مقدار کمتر رطوبت بافت سفت‌تر خواهد بود و بخار آب بیشتری برای افزایش حجم لازم است که رسیدن به این شرایط به زمان طولانی‌تری نیاز دارد.

### ۳-۲- نتایج مربوط به دانسیته حجمی اسنک‌ها

شکل ۱ نشان می‌دهد که افزایش رطوبت پلت باعث کاهش معنی دار دانسیته حجمی اسنک‌ها گردید. افزایش رطوبت از ۱۲٪ به بالا تغییر معنی داری را در دانسیته حجمی نمونه‌ها ایجاد نکرد. کمترین دانسیته مربوط به نمونه تولید شده از پلت با ۱۰٪ رطوبت بود که برابر با ۰/۱۶ گرم بر سانتی متر مکعب و بیشترین آن مربوط به پلت با ۵٪ رطوبت بود که برابر با ۰/۲۷ گرم بر سانتی متر مکعب بود. دمای فرایند، زمان فرایند، مقدار رطوبت اولیه و نوع ماده خام مورد استفاده از عوامل موثر بر حجم اسنک‌ها می‌باشند که از میان آنها دمای فرایند و رطوبت پلت اولیه به عنوان مهم‌ترین و تأثیرگذارترین عوامل محسوب می‌شوند [۱۷]. حجیم شدن محصول در پی تبخیر ناگهانی آب و جایگزینی روغن به جای آن و تغییر ساختار نشاسته و پروتئین‌ها روی می‌دهد و یک بافت متخلخل و خشک تولید می‌شود [۸]. مطالعات قبلی نشان می‌دهد که افزایش مقدار رطوبت اولیه در نشاسته و آرد گندم اکستروود شده موجب کاهش انبساط می‌گردد و دانسیته افزایش می‌یابد [۱۸]. با افزایش رطوبت به علت نقش نرم‌کنندگی آب، دمای ذوب نشاسته کاهش پیدا می‌کند و بخشی از آب موجود در سیستم صرف تغییرات ساختاری نشاسته از حالت نیمه



شکل ۱ تأثیر رطوبت پلت بر دانسیته حجمی اسنک. حروف نامشابه بر روی هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف آماری معنی دار ( $P < 0/05$ ) در میان نمونه‌ها است.

### ۳-۳- نتایج مربوط به رنگ سنجی اسنک‌ها

نتایج تعیین ویژگی‌های رنگ سنجی اسنک‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است. بر اساس نتایج بدست آمده با افزایش رطوبت از ۵ تا ۱۶٪ روشنایی نمونه‌ها از ۶۸/۳۳ به ۸۴/۰۰ واحد افزایش یافت. بیشترین مقدار روشنایی با مقدار ۸۶/۰۰ مربوط به نمونه تهیه شده از پلت با ۱۰٪ رطوبت بود در حالی که افزایش بیشتر رطوبت به ۱۴ و ۱۶٪ باعث افت معنی دار مقدار روشنایی در اسنک‌ها شد. نمونه تولید شده از پلت با ۵٪ رطوبت بیشترین قرمزی را داشت (مقدار ۱۱/۰۰-) و با افزایش رطوبت پلت این مقدار کاهش یافت. کمترین قرمزی مربوط به نمونه تولید شده از پلت ۱۰٪ رطوبت بود و با افزایش بیشتر رطوبت تغییرات قرمزی بدون تغییر باقی ماند. با افزایش رطوبت پلت مقدار زردی اسنک‌ها از ۳۹/۳۳ واحد به ۲۰/۳۳ واحد به طور معنی داری

کاهش یافت. نمونه دارای ۱۴ و ۱۶٪ رطوبت کمترین مقدار زردی را داشتند. تغییرات رنگ در اسنک‌ها در حین سرخ شدن می‌تواند مربوط به انجام واکنش میلارد، جذب روغن توسط اسنک، خروج آب و خشک شدن بافت و نیز تشکیل و رشد حباب‌های هوا در ساختار اسنک باشد [۶]. در نمونه ای که افزایش حجم بیشتری داشت (تولید شده از پلت با رطوبت ۱۰٪) رنگ روشنتری نیز مشاهده شد و تیرگی کمتر شد. به نظر می‌رسد نمونه‌هایی که دانسیته بیشتری داشتند و در آنها افزایش حجم کمتری اتفاق افتاده بود (تولید شده از پلت با رطوبت ۱۲ تا ۱۶٪)، رنگ به طور کلی کدرتر بوده که این رنگ خود را به صورت کاهش روشنایی، افزایش قرمزی و کاهش زردی نشان داد. مشابه این نتایج در اسنک پاپ کورن که با رطوبت های مختلفی حجیم شده بود مشاهده گردید [۱۰].

\*جدول ۱ تأثیر رطوبت پلت بر ویژگی های رنگ سنجی اسنک‌ها

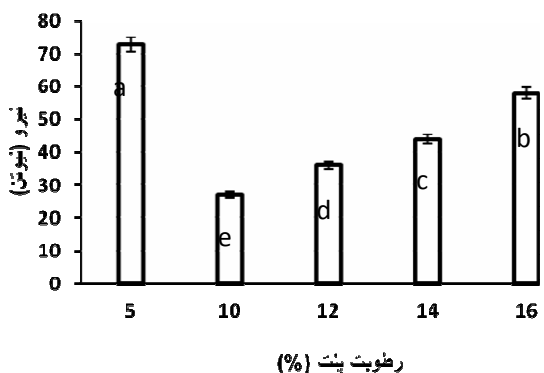
	درصد رطوبت				
	۵	۱۰	۱۲	۱۴	۱۶
روشنایی	±۶۸/۳۳ c ۱/۵۸	۰/۳۲ ±۸۶/۰۰ a	±۸۵/۰۰ b ۰/۰۴	±۸۵/۰۰ b ۰/۴۵	±۸۴/۰۰ b ۱/۰۵
قرمزی	±-۱۱/۰۰ b ۰/۵۰	±-۹/۰۰ a ۱/۰۰	±-۱۰/۰۰ a ۰/۸۵	±-۹/۰۰ a ۱/۰۰	±-۱۰/۰۰ a ۱/۰۰
زردی	±۳۹/۳۳ a ۰/۵۸	۰/۳۰ ±۲۲/۰۰ b	±۲۱/۰۰ b ۰/۷۳	±۱۹/۳۳ c ۰/۵۸	±۲۰/۳۳ c ۰/۵۸

### ۳-۴- نتایج مربوط به جذب روغن اسنک‌ها

شکل ۲ میزان جذب روغن نمونه‌ها را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج بدست آمده، جذب روغن کلیه نمونه‌ها نسبت به نمونه تولید شده از پلت ۵٪ رطوبت به طور معنی داری بیشتر بود. نمونه تولید شده از پلت ۵٪ رطوبت دارای کمترین مقدار جذب روغن (۵/۵٪) بود. بیشترین درصد جذب روغن مربوط به نمونه تولید شده از پلت با ۱۰٪ رطوبت با مقدار ۱۷/۸٪ بود. افزایش بیشتر رطوبت از ۱۰٪ به ۱۶٪ باعث کاهش معنی دار جذب روغن شد به طوری که مقدار جذب روغن در نمونه تولید شده

از پلت ۱۶٪ رطوبت با مقدار تقریبی ۱۳/۸٪ مشاهده شد. در اثر سرخ کردن پلت در روغن، با افزایش دمای محصول، آب موجود در ساختار پلت شروع به تبخیر می‌نماید. دیواره حباب‌های هوا و بافت اسنک در ابتدا از خروج رطوبت جلوگیری می‌نمایند، اما افزایش فشار بخار آب بر این نیرو غلبه می‌نماید و باعث خروج ناگهانی و افزایش حجم اسنک می‌گردد. به جای آب خارج شده از اسنک روغن جذب می‌شود [۱، ۱۰]. در این تحقیق مشاهده شد که هرچه حجم اسنک بیشتر باشد یا به عبارتی حباب‌های هوای بیشتری در محصول در اثر سرخ کردن بوجود آمده باشد مقدار جذب روغن نیز بیشتر است. نمونه‌هایی که روغن کمتری

می‌شود و در نتیجه نیروی کمتری برای شکستن آن لازم است [۲۱]. در این تحقیق نمونه بدست آمده از پلت ۵٪ رطوبت بیشترین دانسیته یا کمترین حجم را داشت و بافتی سفت و غیر متخلخل بوجود آورد. در نتیجه نیروی لازم برای شکستن این اسنک بسیار بیشتر از سایر نمونه‌ها بود. نمونه بدست آمده از پلت ۱۰٪ دارای کمترین دانسیته یا بیشترین حجم بود. در این نمونه تخلخل زیادی ایجاد شده بود و بافت بسیار ترد و شکننده بود و در نتیجه نیروی بسیار کمی برای شکستن بافت این اسنک لازم بود. در مورد نمونه‌های بعدی که دانسیته بیشتری نسبت به نمونه حاوی ۱۰٪ رطوبت داشتند مقدار نیروی لازم به دلیل افزایش فشردگی بافت آن‌ها بیشتر شده بود. در تمامی این نمونه‌ها به دلیل حجم بیشتر نسبت به نمونه حاوی ۵٪ رطوبت نیروی کمتری برای شکستن آن‌ها لازم بود. نتایج مشابهی در مورد افزایش سفتی بافت اسنک‌های با حجم کمتر گزارش شده است [۲۴، ۲۵].

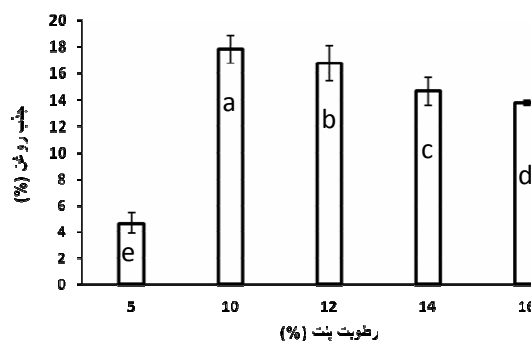


شکل ۳ تاثیر رطوبت پلت بر بیشینه نیروی لازم برای شکستن اسنک. حروف نامشابه بر روی هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف آماری معنی دار ( $P < 0/05$ ) در میان نمونه‌ها است.

### ۳-۶- نتایج مربوط به ارزیابی حسی اسنک‌ها

جدول ۲ نتایج مربوط به ارزیابی حسی اسنک‌ها را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج بدست آمده مشخص گردید که افزایش رطوبت پلت در نمونه کنترل باعث افزایش امتیاز حجم، بافت، طعم و مزه و پذیرش کلی محصول گردید. در مقایسه نتایج بدست آمده مشخص گردید که اسنک تولید شده از پلت حاوی ۵٪ رطوبت کمترین امتیاز حجم، بافت، رنگ، طعم و مزه و پذیرش کلی را دریافت نمود. افزایش رطوبت اگرچه باعث افزایش امتیازهای

جذب نمودند، بافت حجیم مطلوبی را هم در اثر سرخ شدن نداشتند و دانسیته بیشتری داشتند. نتایج مشابهی در مورد جذب روغن بیشتر در اسنک‌های حاوی رطوبت بیشتر گزارش شده است [۳، ۲۶]. نکته قابل توجه این است که زمان سرخ شدن پلت در مقایسه با رطوبت آن تأثیر ناچیزی بر جذب روغن داشت. زیرا نمونه حاوی ۵٪ رطوبت با وجود بیشتر بودن زمان سرخ شدن (۶۰ ثانیه) نسبت به سایر نمونه‌ها کمترین مقدار جذب روغن را داشت. این امر می‌تواند مربوط به عدم تولید بافت متخلخل و حجم کم در این نمونه باشد که منجر به جذب روغن کمتری شده است.



شکل ۲ تاثیر رطوبت پلت بر جذب روغن اسنک در اثر سرخ شدن در دمای ۱۸۵ °C. حروف نامشابه بر روی هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف آماری معنی دار ( $P < 0/05$ ) در میان نمونه‌ها است.

### ۳-۵- نتایج مربوط به بافت سنجی اسنک‌ها

در شکل ۳ نیروی لازم برای شکستن اسنک‌ها مشاهده می‌شود. با توجه به شکل بیشینه نیروی لازم مربوط به اسنک حاصل از پلت با رطوبت ۵٪ بود (۷۳/۵ نیوتن). با افزایش رطوبت به ۱۰٪ مقدار این نیرو به طور معنی داری به ۲۸/۱ نیوتن کاهش یافت. با افزایش بیشتر رطوبت پلت به مقادیر ۱۲، ۱۴ و ۱۶٪ بیشینه نیرو به طور معنی داری بیشتر از نمونه ۱۰٪ و کمتر از پلت حاوی ۵٪ رطوبت بود. تحقیقات نشان داده اند که محتوای رطوبتی فاکتور مهمی در میزان سفتی بافت اسنک‌های تولید شده از آرد ذرت بود، به طوری که با کاهش مقدار رطوبت از میزان سفتی بافت کاسته شد [۲۳]. نیروی لازم برای شکستن اسنک‌ها به محتوای رطوبتی ارتباط دارد. وقتی رطوبت به یک مقدار بهینه می‌رسد که در آن بیشترین حجم ایجاد می‌شود، بافت اسنک بسیار ترد شکننده

در این نمونه‌ها که منجر به ایجاد بافت انعطاف پذیر به جای بافت ترد و شکننده باشد. تفاوت در امتیازهای داده شده به رنگ اسنک‌ها مربوط به تأثیر رطوبت بر حجم و بافت محصول می‌باشد. نمونه‌هایی که حجم بیشتری داشتند دارای رنگ روشنتری بودند و بیشتر مورد پسند واقع شدند در حالی که امتیاز کمتر اسنک‌های تهیه شده از پلت‌های با رطوبت ۵٪ و ۱۶٪ عمدتاً مربوط رنگ کدر این نمونه‌ها بود که به دلیل عدم تخلخل لازم در آن‌ها ایجاد شده بود. بعلاوه جذب روغن مناسب نیز به شفافیت و براقیت بیشتر در اسنک‌ها می‌انجامد که از دلایل بالاتر بودن امتیاز رنگ در نمونه‌های تولید شده با ۱۰-۱۴٪ رطوبت بود. حجم مطلوب و لطافت بافت دو عامل مهم در ایجاد احساس دهانی مطلوب در اسنک می‌باشند. افزایش مطلوبیت اسنک‌های تهیه شده از پلت‌های با رطوبت ۱۰ تا ۱۴٪ می‌تواند به دلیل حجم مطلوب و میزان روغن مناسب در این نمونه‌ها باشد که علاوه بر ایجاد بافتی مطلوب و ترد احساس دهانی مطلوبی را نیز ایجاد نموده است. از طرفی روغن‌ها علاوه بر تشدید طعم و مزه خود دارای طعمی مطلوب در اسنک‌ها می‌باشند و مقدار مناسب آن‌ها بر افزایش مطلوبیت محصول موثر است. ارزیابی کلی یک چشم‌انداز از نظر ارزیابان از ویژگی‌های حسی-چشایی را نشان می‌دهد. در مجموع اسنک‌های تهیه شده از پلت‌های ۱۰، ۱۲ و ۱۴٪ رطوبت دارای پذیرش کلی مشابهی بودند و همگی در حد خوب ارزیابی شدند. این در حالی است که نمونه تولید شده از پلت دارای ۱۶٪ رطوبت در حد متوسط و اسنک تهیه شده از پلت با ۵٪ رطوبت نامطلوب ارزیابی شد.

دریافتی نمونه‌ها شد ولی تأثیر معنی داری بر ویژگی‌های حسی-چشایی محصول توسط ارزیابان نداشت. در ارزیابی حسی-چشایی اسنک‌ها پارامترهای مختلفی دخالت دارند که در این تحقیق اصلی‌ترین آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نظر ارزیابان نمونه تولید شده از پلت حاوی ۱۰، ۱۲ و ۱۴٪ رطوبت مطلوب‌ترین حجم را داشت. در حالی که نمونه تولید شده از پلت با ۱۶٪ رطوبت و پس از آن نمونه بدست آمده از پلت ۵٪ رطوبت کمترین امتیاز مربوط به مطلوبیت حجم را دریافت نمودند. در آزمون تعیین دانسیته مشخص گردید که نمونه دارای ۱۰٪ رطوبت کمترین دانسیته یا بیشترین حجم را دارا بود ولی ارزیابان قادر به تشخیص این تفاوت در بین نمونه‌های مذکور نشدند. از عوامل مهم موثر بر بافت اسنک می‌توان به رطوبت اسنک، حجم و مقدار جذب روغن در آن اشاره نمود. هرچه رطوبت نهایی اسنک کمتر و حجم آن بیشتر باشد بافت تردتری ایجاد می‌کند. از سویی مقدار روغن در محصول در ایجاد یک بافت نرم و مطلوب نقش دارد. البته مقدار بیش از حد روغن بافتی سنگین و متراکم را در اسنک ایجاد می‌کند [۲۷]. بر اساس نظر گروه ارزیابان نمونه تولید شده از پلت با ۵٪ رطوبت کمترین امتیاز مربوط به مطلوبیت بافت را دریافت کرد. این نمونه از حجم مطلوب و جذب روغن زیادی نیز برخوردار نبود و در نتیجه بافت مناسبی را ایجاد نکرده بود. اسنک‌های تولید شده از پلت با ۱۰-۱۲٪ رطوبت از نظر بافت مناسب و همگی مطلوب ارزیابی شدند ولی نمونه تولید شده از پلت‌های ۱۴ و ۱۶٪ رطوبت امتیاز کمتری دریافت کردند که می‌تواند مربوط به کاهش حجم و جذب روغن و احتمالاً باقی ماندن مقدار بیشتر رطوبت

جدول ۲ تأثیر رطوبت پلت بر ویژگی‌های حسی-چشایی اسنک‌ها\*

رطوبت (%)	حجم	بافت	رنگ	طعم و مزه	پذیرش کلی
۵	۱/۸۰±۰/۴۹ <sup>c</sup>	۲/۲۰±۰/۳۹ <sup>c</sup>	۲/۳۰±۰/۴۵ <sup>c</sup>	۱/۷۰±۰/۳۷ <sup>c</sup>	۱/۷۰±۰/۵۲ <sup>c</sup>
۱۰	۴/۵۰±۰/۷۱ <sup>a</sup>	۴/۵۰±۰/۷۱ <sup>a</sup>	۴/۶۰±۰/۵۲ <sup>a</sup>	۴/۴۰±۰/۷۰ <sup>a</sup>	۴/۶۰±۰/۵۲ <sup>a</sup>
۱۲	۴/۱۰±۰/۷۴ <sup>a</sup>	۴/۰۰±۰/۶۷ <sup>ab</sup>	۴/۳۰±۰/۶۷ <sup>a</sup>	۳/۹۰±۰/۵۷ <sup>ab</sup>	۴/۱۰±۰/۵۷ <sup>a</sup>
۱۴	۳/۹۰±۰/۷۴ <sup>ab</sup>	۳/۹۰±۰/۷۴ <sup>ab</sup>	۴/۲۰±۰/۷۹ <sup>a</sup>	۴/۰۰±۰/۶۷ <sup>ab</sup>	۳/۹۰±۰/۳۴ <sup>ab</sup>
۱۶	۳/۴۰±۰/۷۰ <sup>b</sup>	۳/۶۰±۰/۵۲ <sup>b</sup>	۳/۴۰±۰/۵۲ <sup>b</sup>	۳/۵۰±۰/۷۱ <sup>b</sup>	۳/۰۰±۰/۸۲ <sup>b</sup>

\*حروف کوچک متفاوت، نشان دهنده اختلاف معنی دار می‌باشد ( $P \leq 0.05$ ). اعداد میانگین سه تکرار و به صورت میانگین  $\pm$  انحراف معیار گزارش شده است.



- frying of chickpea flour-based snack food. *LWT Food Sci. Technol.*, 36, 91-98.
- [4] Li, S.Q., Zhang, H.Q., Jin, Z.T., Hsieh, F.H. 2005, Textural modification of soya bean/corn extrudates as affected by moisture content, screw speed and soya bean concentration. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 40, 731-741.
- [5] Zasytkin, D.V., Lee, T.C. 1998, Extrusion of soybean and wheat flour as affected by moisture content. *J. Food Sci.*, 63: 1058-1061.
- [6] Ding, Q-B., Ainsworth, P., Plunkett, A., Tucker, G., Marson, H. 2005, The effect of extrusion conditions on the physicochemical properties and sensory characteristics of rice-based expanded snacks. *J. Food Eng.*, 66, 283-289.
- [7] Mazumder, P., Roopa, B.S., Bhattacharya, S. 2007, Texture attributes of a model snack food at different moisture contents. *J. Food Eng.*, 79: 511-516.
- [8] Nath, A., Chattopadhyay, P.K., Majumdar, G.C. 2007, High temperature short time air puffed ready-to-eat (RTE) potato snacks: Process parameter optimization. *J. Food Eng.*, 80, 770-780.
- [9] Majzoobi, M., Farahnaky, A. 2012, Comparison of the effects of extrusion cooking on some cereal starches. *Int. J. Food Eng.*, 6, 1-10.
- [10] Farahnaky, A., Alipour, M., Majzoobi, M. 2013, Popping properties of corn grains of two different varieties at different moistures. *J. Agric. Sci. Technol.*, 15, 771-780.
- [11] Shimoni, E., Dirks, E.M., Labuza, T.P. 2002, The relation between final popped volume of popcorn and thermal-physical parameters. *LWT Food Sci. Technol.*, 35, 93-98.
- [12] AACC. 2000. Approved methods of the American association of cereal chemists. 10th ed. St. Paul, Minnesota: American Association of Cereal Chemists.
- [13] Bourne, M.C. 2002, Food texture and viscosity: Concept and measurement. Academic Press, 2<sup>th</sup>ed. New York. p. 50-70.
- [14] Afshari-Jouibari, H., Farahnaky, A. 2011, Evaluation of Photoshop software potential for food colorimetry. *J. Food Eng.*, 106, 170-75.
- [15] Mohamed, S., Abdullah, N., Muthu, M.K. 1989, Physical properties of keropok (fried crisps) in relation to the amylopectin content of

## ۴- نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که کنترل رطوبت در فرمول تهیه اسنک‌های نیمه آماده تأثیر بسزایی بر ویژگی‌های کیفی محصول دارد که با تنظیم مقدار آب مصرفی قابل کنترل می‌باشد. این تحقیق یک راهکار عملی قابل اجرا در واحدهای صنعتی برای کنترل کیفیت مطلوب اسنک ارائه داد. بر اساس نتایج بدست آمده افزایش رطوبت در نمونه کنترل تا ۱۰٪ باعث کاهش معنی دار دانسیته (افزایش حجم) اسنک‌ها گردید. اما افزایش بیشتر درصد رطوبت پلت منجر به کاهش معنی دار حجم شد. افزایش رطوبت منجر به افزایش جذب روغن در محصول نیز شد. بیشترین مقدار جذب روغن در این نمونه‌ها ٪ بود که از بسیاری از سایر اسنک‌های موجود در بازار کمتر می‌باشد. افزایش مقدار روغن در اسنک اگرچه از نظر تغذیه ای مطلوب نمی‌باشد، ولی باعث بهبود احساس دهانی و طعم و مزه محصول گردید و نمونه‌های با جذب روغن بیشتر امتیاز بیشتری از نظر طعم و مزه نیز دریافت نمودند. با توجه به نتایج بدست آمده رطوبت پلت در محدوده ۱۰-۱۴٪ برای تولید پلت اسنک نیمه آماده با استفاده از اکسترودر یک ماریچی منجر به تولید محصولی با کیفیت و ویژگی‌های حسی و چشایی مطلوبی گردید و کمتر و بیشترین از این محدوده محصول با کیفیتی ایجاد نکرد. از میان رطوبت‌های مناسب گزارش شده پلتی که رطوبت ۱۰٪ مناسب‌تر بود، زیرا این نمونه نه تنها از نظر ارزیابان حسی-چشایی مطلوب بود بلکه در آزمون‌های دستگاهی نیز از سایر نمونه‌ها مناسب‌تر بود. مطالعات بیشتری برای کاهش درصد جذب روغن و بهبود سایر ویژگی‌های کیفی در این نوع محصول لازم است.

## ۵- منابع

- [1] Guy, R. 2001, Extrusion cooking technologies and application. Florida, Wood head Publication. P. 50-100.
- [2] Harper, J.M. 1979, Food extrusion. *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 11, 155-215.
- [3] Debnatha, S., Bhatb, K.K., Rastogic, N.K. 2003, Effect of pre-drying on kinetics of moisture loss and oil uptake during deep fat

- Steel, C.J. 2008, Functional extruded snacks with lycopene and soy protein. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 30, 0101-2061.
- [23] Mendonça, S., Grossmann, M.V.E., Verhé, R. 2000, Corn bran as a fiber source in expanded snacks. *LWT Food Sci. Technol.*, 33, 2-8.
- [24] Chaiyakul, S., Jungchud, K., Jangchud, A., Wuttijumngong, P., Winger, R. 2008, Effect of protein content and extrusion process on sensory and physical properties of extruded high-protein glutinous rice-based snack. *Kasetsart J.*, 42, 182-190.
- [25] Case, S.E., Hamann, D.D., Schwartz, S.J. 1992, Effect of starch gelatinization on physical properties of extruded wheat- and corn based products. *Cereal Chem.*, 69, 401-404.
- [26] Moreira, R.G., Sun, X., Chen, Y. 1997, Factors affecting oil uptake in tortilla chips in deep-fat frying. *J. Food Eng.*, 31, 485-498.
- [27] Skierkowski, K., Gujska, E., Khan, K. 1990, Instrumental and sensory evaluation of textural properties of extrudates from blends of high starch/high protein fractions of dry beans. *J. Food Sci.*, 55, 1081-1087.
- the starch flours. *J. Sci. Food Agric.*, 49, 369-377.
- [16] Stone, H., Sidel, J.L. 2004, *Sensory Evaluation Practices*. California: Elsevier Academic Press. p: 20-45.
- [17] Hosney, R.C., Zeleznak, K., Abdelrahman, A. 1983, Mechanism of popcorn popping. *J. Cereal Sci.*, 1, 43-52.
- [18] Faubion, J.M., Hosney, R.C. 1982, High-temperature short-time extrusion cooking of wheat starch and flour. Effect of protein and lipid on extrudate properties. *Cereal Chem.*, 59, 533-537.
- [19] Shimoni, E., Dirks, E.M., Labuza, T.P. 2002, The relation between final popped volume of popcorn and thermal-physical parameters. *LWT Food Sci. Technol.*, 35, 93-98.
- [20] Wu, P.J., Schwartzberg, H.G. 1992, Popping behavior and zein coating of popcorn. *Cereal Chem.*, 69, 567-573.
- [21] Liu, Y., Hsieh, F., Heymann, H., Huff, H.E. 2000, Effect of process conditions on the physical and sensory properties of extruded oat-corn puff. *J. Food Sci.*, 65, 1253-1259.
- [22] Dacosta, P.F.P., Ferraz, M.B.M., Ros-Polski, V., Quast, E., Collares Queiroz, F.P.,

## Effect of pellet moisture on some physical and organoleptic properties of wheat snacks

Majzoobi, M. <sup>1\*</sup>, Imani, B. <sup>2</sup>, Farahnaky, A. <sup>3</sup>

1. Associate professor, Dept. of Food Science and Technology, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

2. M.Sc in Food Science and Technology, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

3. Professor, Dept. of Food Science and Technology, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

(Received: 92/12/21 Accepted: 93/6/3)

Snacks are amongst popular foods, therefore improving the quality of the snacks is of great importance. Half-products are a kind of cereal based snacks that are sold in the form of dried pellets and then deep-fried for a few minutes by the consumer to form puffed crispy edible snacks. The main aim of this study was to determine the sufficient pellet moisture content in order to reach an appropriate snack quality. Pellets were produced using a single screw extruder by mixing wheat flour and starch to reach moisture content of 7.5%. The moisture content of the pellets was then adjusted on 5, 10, 12, 14 and 16%. Pellets were deep-fried at 185 °C to reach their maximum volume and then their physical and sensory characteristics were studied. Increasing the moisture content from 5 to 16% reduced the density, increased lightness, reduced redness and yellowness of the snacks. The fracture force to break of snacks reduced with increasing the moisture up to 10% but it reduced with further increase in pellet moisture content. Increasing pellet moisture up to 14% improved the sensory characteristics of the snacks while further increase in the moisture content reduced these properties. Adjustment of the pellet moisture content is a practical solution in the industry to improve the quality of the snacks. The most appropriate moisture content of the pellet was in the range of 10-12%. At higher or lower moisture levels, the sensory characteristics of product were affected, negatively.

**Keywords:** Snack, Pellet, Moisture content, Extrusion, Cereals

---

\* Corresponding Author E-Mail Address: majzoobi@shirazu.ac.ir