Food Research Journal
Online ISSN: 2676-5691 Print ISSN: 2008-515X
https://foodresearch.tabrizu.ac.ir

Application of magnetized water to reduce oil absorption and improve sensory properties of fried potato

Fakhreddin Salehi[1] ✉ and Kimia Samary[2]

[1]Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Food Industry, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
[2]MSc Student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Food Industry, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
✉Corresponding author: F.Salehi@Basu.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:

Research Article

Article history:
Received: June 21, 2024
Accepted: November 25, 2024
Published: January 04, 2025

Keywords:
Color parameters, Hardness, Magnetic field, Potato, Texture analyzer

ABSTRACT

Background: When water is exposed to a magnetic field with positive and negative poles, its molecules become magnetized. In addition to the effect of the magnetic field on the shape of water molecules, this magnetic field can reduce the surface tension of water, increase the pH, increase viscosity, and reduce the formation of sediment.
Aims: In this research, the use of magnetized water to reduce oil absorption and improve the sensory and appearance characteristics of fried potato slices was investigated.
Methods: In this research, first, potato slices with a thickness of 0.5 cm were prepared and divided into three groups and treated. Finally, the samples were examined for moisture content, oil absorption, hardness, color parameters, color change index, surface changes, and sensory properties.
Results: The results of this study showed that the oil absorption of fried potato slices was significantly reduced when magnetized water pretreatment was used ($p<0.05$). Regarding moisture content, a significant difference was observed between the control sample and the other two samples ($p<0.05$), and the moisture content being higher in the treated samples. The texture analysis showed that the use of magnetic water pretreatment reduces the hardness of the fried product. The surface color changes of the samples placed in magnetic water were less and the rate of reduction in size of these samples during the frying process was minimal. Regarding the acceptability values of appearance, odor, texture, taste and overall desirability, potato slices pretreated with magnetized water received the highest values.
Conclusion: In general, the treatment of potato slices with magnetized water reduced the oil absorption, improved the size and appearance color, reduced the hardness, and improved the organoleptic acceptability of the product.

CC BY NC

Extended Abstract

Introduction: Magnetic field-treated water, so-called “magnetized water”, has been a challenging subject over the last several decades in both academia and industry, despite the controversy and the lack of a complete understanding (Esmaeilnezhad et al. 2017). When water is exposed to a magnetic field with positive and negative poles, its molecules become magnetized. This water can have a positive effect on foods due to its hexagonal structure. In addition to the effect of the magnetic field on the shape of water molecules, this magnetic field can reduce the surface tension of water, increase the pH, increase viscosity, and reduce the formation of sediment (Esmaeilnezhad et al. 2017). Ignatov and Mosin (2014) reported that the effect of the magnetic field on water is a complex multifactorial phenomenon resulted in changes of the structure of hydrated ions as well as the physicochemical properties and behavior of dissolved inorganic salts, changes in the rate of electrochemical coagulation and aggregate stability (clumping and consolidation), formation of multiple nucleation sites on the particles of fine dispersed precipitate consisting of crystals of substantially uniform size. Nakagawa et al. (1999) reported essentially two different types of conceivable field effects. One is a direct field effect on the biochemical reactions; the other is indirect via changes in the surroundings. In the case of the former effect, the concern might be the possible genetic influence that a magnetized water can have on living organisms. In the case of the latter, however, the magnetized water effects can be considered like any other external parameter, such as temperature, pressure, or mechanical stirring.

When being applied to water, the magnetic field therein changes the rates of chemical reactions due to the occurrence of competing reactions of dissolution and precipitation of the dissolved salts, facilitates the formation and decomposition of colloidal complexes, and improves electro-coagulation followed by sedimentation and crystallization of scaling salts (Ignatov and Mosin 2014). A series of molecular dynamics simulations showed that the number of hydrogen bonds increases under the application of a magnetic field. In particular, as the strength of the magnetic field increases from 1 to 10 Tesla, the number of hydrogen bonds increases by approximately 0.34%, which indicates that the magnetic field enhances the water networking ability. A larger number of hydrogen bonds suggests that the size of the water cluster increases under a MF; hence, the structure of the water molecules is more ordered and stable under an applied magnetic field (Chang and Weng, 2006).

Antal et al. (2014) studied the effect of magnetic water on the characteristics of freeze drying of apples. The results showed that magnetic water pretreatment increases the drying speed and decreases the drying time of freeze-dried apples. The pretreated apple cubes had a crisper texture and this method improved the color of the dried apples. In another research, Moulaei et al. (2022) studied the effect of magnetic water on the quality characteristics of frozen dough and bread produced from it and stated that the intensity of magnetism has a great effect on the quality of frozen dough in terms of reducing dough defrosting and according to the amount of flour extraction can have a significant effect on the amount of yeast gas production. Also, it can improve the textural properties of bread and be effective in bread staleness. In terms of sensory characteristics, magnetic water can improve the porosity, chewiness and taste of bread.

Fried food products are highly popular among consumers due to their unique textural characteristics (Asadnahal et al., 2022). Various agricultural products like potato absorb a lot of oil when fried in edible oils. The more oil absorbed by these products, the lower their shelf life and quality, and the lower the acceptance of the final product by the consumer. High absorption of oil by fried products can be reduced by applying different pretreatments (Kurek et al. 2017; Salehi 2020).

In this research, the use of magnetized water to reduce oil absorption and improve the sensory and appearance characteristics of fried potato slices was investigated.

Material and methods: In this research, first, potato slices with a thickness of 0.5 cm were prepared and divided into three groups. One group was immersed in water for 20 min. The second group was placed in the water that had already been magnetized by the device for 20 min. The third group was immersed in the magnetized water inside the device and exposed to the magnetic field for 20 min. After 20 min, the samples were removed, the surface moisture was removed, and they were fried at 150°C for 5 min. Finally, the samples were examined for moisture content, oil absorption, hardness, color parameters, color change index, surface changes, and sensory properties.

The moisture content of fried samples was measured by an oven at 105°C for 5 h (Shimaz, Iran) (Hosseini, 2006). The texture determination of the fried potato slices was performed on a STM-5 texture analyzer (Santam, Iran). A puncture test was performed using a cylindrical flat-end punch (diameter 2.5 mm). The test parameters were: pre-test and test speed, 1 mm/s. The test was repeated three times (Li et al. 2022). To examine the changes in color indexes including lightness (L*), redness (a*), yellowness (b*) and colour changes (ΔE) as well as changes in the area of the samples, images were taken after the frying process. The sample photos were captured using HP Scanner (Hp Scanjet 300). L* (lightness-darkness that ranges from 0 to 100), a*(redness-greenness that ranges from -120 to 120) and b* (yellowness-blueness that ranges from -120 to 120) were measured in this study. A hedonistic test was used to estimate the general level of liking for the fried potato slices. Twenty panelists were selected and recruited to descriptively analyze the texture of fried potato slices.

Data are presented as mean ± standard deviation for triplicate measurements. Statistical analysis was performed by one-way analysis of variance (ANOVA) at 95% level of significance, using SPSS software (version 21). In addition, means were compared with Duncan's multiple range test at 95% level of significance.

Results and discussion: The results of this study showed that the oil absorption of fried potato slices was significantly reduced when magnetized water pretreatment was used ($p<0.05$). The lowest oil absorption (14.85%) was related to the sample treated by magnetized water. The samples exposed to magnetized water and magnetic field had a higher moisture content, which also helps to reduce oil absorption by the product. Regarding moisture content, a significant difference was observed between the control sample and the other two samples ($p<0.05$), and the moisture content being higher in the treated samples. The texture analysis showed that the use of magnetic water pretreatment reduces the hardness of the fried product. The hardness of the control sample (placed in normal water), pretreated by magnetic water and exposed to magnetic field was equal to 1.67 N, 1.01 N, and 1.32 N, respectively. Antal et al. (2012) reported that the use of magnetic water pretreatment reduced the drying time, created a softer texture (reduced hardness) and increased the rehydration of vacuum-dried apples.

Statistically, there was no significant difference between the redness and yellowness of the samples ($p>0.05$); However, in terms of the lightness index, the control sample and the sample placed in the magnetic field had a statistically significant difference ($p<0.05$). The surface color changes of the samples placed in magnetic water were less and the rate of reduction in size of these samples during the frying process was minimal. The surface change of the control sample (placed in normal water), pretreated by magnetic water and exposed to magnetic field was equal to 14.54, 10.77, and 12.97%, respectively. Regarding the acceptability values of appearance, odor, texture, taste and overall desirability, potato slices pretreated with magnetized water received the highest values.

Conclusion: Deep frying has gained increasing attention as it produces attractive sensory and organoleptic properties in products, such as crispy texture, unique aroma and taste, attractive appearance, and faster and easier cooking. As is known, the effect of magnetic field on water bears a complex and multifactorial character that in the final result affects the structure of water and hydrated ions as well as the physico-chemical properties and behavior of dissolved inorganic salts. In general, the treatment of potato slices with magnetized water reduced the oil absorption, improved the size and appearance color, reduced the hardness, and improved the organoleptic acceptability of the product; therefore, it is recommended to use this new method before frying various products. As future research, it is suggested that more research be done regarding the use of magnetized water in the processing of various foods.

پژوهش‌های صنایع غذایی

شاپا الکترونیکی: ۲۶۷۶-۵۶۹۱ ، شاپا چاپی ۲۰۰۸-۵۱۵x

https://foodresearch.tabrizu.ac.ir

استفاده از آب مغناطیسی شده برای کاهش جذب روغن و بهبود خصوصیات حسی سیب‌زمینی سرخ‌شده

فخرالدین صالحی[1*] و کیمیا ثمری[2]

[1]دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

[2]دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

*مسئول مکاتبه: F.Salehi@Basu.ac.ir

مشخصات مقاله

نوع مقاله:
علمی پژوهشی

تاریخچه مقاله:
دریافت:
۱۴۰۳/۴/۱
پذیرش:
۱۴۰۳/۹/۵
انتشار:
۱۴۰۳/۱۰/۱۵

کلید واژگان:
بافت سنج، پارامترهای رنگی، سفتی، سیب‌زمینی، میدان مغناطیسی

چکیده

زمینه مطالعاتی: درصورتی‌که آب در معرض میدان مغناطیسی که دارای قطب مثبت و منفی است قرار گیرد، مولکول‌های آن مغناطیسی می‌شوند. علاوه بر اثر میدان مغناطیسی بر شکل تجمع مولکول‌های آب، اعمال این میدان باعث کاهش کشش سطحی آب، افزایش pH، افزایش ویسکوزیته و کاهش تشکیل رسوب می‌شود.

هدف: در این پژوهش استفاده از آب مغناطیسی شده برای کاهش جذب روغن و بهبود خصوصیات حسی و ظاهری برش‌های سیب‌زمینی سرخ‌شده بررسی شد.

روش کار: برای انجام این پژوهش، ابتدا برش‌های سیب‌زمینی با ضخامت ۰/۵ سانتی‌متر تهیه و به سه گروه تقسیم و تیماردهی شدند. در نهایت مقدار رطوبت، جذب روغن، سفتی، پارامترهای رنگی، شاخص تغییرات رنگ، تغییرات سطح و خصوصیات حسی نمونه‌ها بررسی شد.

نتایج: نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از پیش‌تیمار آب مغناطیسی شده به‌صورت معنی‌داری باعث کاهش جذب روغن برش‌های سیب‌زمینی سرخ کرده می‌شود ($p<۰/۰۵$). از نظر مقدار رطوبت، اختلاف معنی‌داری بین نمونه شاهد و دو نمونه دیگر مشاهده شد ($p<۰/۰۵$) و درصد رطوبت نمونه‌های تیمار شده بیشتر بود. نتایج آزمون بافت سنجی نشان داد که استفاده از پیش‌تیمار آب مغناطیسی باعث کاهش سفتی محصول سرخ‌شده می‌شود. تغییرات رنگ سطحی نمونه‌های قرار گرفته درون آب مغناطیسی کمتر بوده و درصد کاهش اندازه این نمونه‌ها طی فرآیند سرخ‌کردن حداقل بود. از نظر امتیازهای پذیرش ظاهر، بو، بافت، طعم و مطلوبیت کلی، بالاترین امتیاز مربوط به برش‌های سیب‌زمینی پیش‌تیمار شده با آب مغناطیسی شده بود.

نتیجه‌گیری نهایی: درمجموع، تیماردهی برش‌های سیب‌زمینی با آب مغناطیسی شده باعث کاهش جذب روغن، بهبود اندازه و رنگ ظاهری، کاهش سفتی و بهبود پذیرش حسی محصول شد.

مقدمه

آب به شکل معمولی خود می‌تواند نقش مهمی در سلامتی و درمان بسیاری از بیماری‌ها و تسکین دردها نظیر کاهش تشنجات عضلانی، افزایش حرکت، جنب‌وجوش مفاصل و افزایش گردش خون داشته باشد. درصورتی‌که آب در معرض میدان مغناطیسی که دارای قطب مثبت و منفی است قرار گیرد، مولکول‌های آن مغناطیسی می‌شوند (هولیسز و همکاران ۲۰۰۷). این موضوع سبب خارج شدن مولکول‌های آب از بی‌نظمی شده و ضمن تشکیل خوشه‌های کوچک‌تر آب، سبب افزایش تعداد خوشه‌ها در واحد حجم و افزایش قدرت حلالیت آب می‌شود (پنگ و دنگ ۲۰۰۸). آب مغناطیسی به دلیل ساختار شش‌ضلعی خود می‌تواند تأثیرات خوبی بر مواد غذایی داشته باشد. ازجمله اثر میدان مغناطیسی بر برخی خواص آب می‌توان به کاهش کشش سطحی آب، افزایش pH، افزایش ویسکوزیته و کاهش تشکیل رسوب اشاره کرد (اسماعیل‌نژاد و همکاران ۲۰۱۷). ایگناتوف و موسین (۲۰۱٤) گزارش کردند که اثر میدان مغناطیسی بر روی آب یک پدیده پیچیده چندعاملی است که منجر به تغییر در ساختار یون‌های هیدراته و همچنین خواص فیزیکوشیمیایی و رفتار نمک‌های معدنی محلول، و همچنین تغییر در سرعت انعقاد الکتروشیمیایی می‌شود. یک سری شبیه‌سازی دینامیک مولکولی نشان داد که تعداد پیوندهای هیدروژنی تحت اعمال میدان مغناطیسی افزایش می‌یابند. به‌طور خاص، با افزایش قدرت میدان مغناطیسی از ۱ به ۱۰ تسلا، تعداد پیوندهای هیدروژنی تقریباً ۰/۳٤ درصد افزایش می‌یابد که نشان می‌دهد میدان مغناطیسی توانایی شبکه‌سازی آب را افزایش می‌دهد. تعداد بیشتری از پیوندهای هیدروژنی نشان می‌دهد که اندازه خوشه آب تحت یک میدان مغناطیسی افزایش می‌یابد. از این رو، ساختار مولکول‌های آب تحت یک میدان مغناطیسی اعمال شده منظم‌تر و پایدارتر است (چانگ و ونگ، ۲۰۰٦).

آنتال و همکاران (۲۰۱٤) تأثیر آب مغناطیسی بر ویژگی‌های خشک‌کردن سیب به روش انجمادی را موردمطالعه قراردادند. شواهد نشان داد که پیش‌تیمار آب مغناطیسی باعث افزایش سرعت خشک شدن و کاهش زمان خشک شدن سیب‌های تحت خشک‌کردن انجمادی می‌شود. مکعب‌های سیب پیش‌تیمار شده بافت تردتری داشته و این روش سبب بهبود رنگ سیب‌های خشک شد. در پژوهشی دیگر مولائی و همکاران (۲۰۲۲) اثر آب مغناطیسی بر خصوصیات کیفی خمیر منجمد شده و نان تولیدی از آن را مورد مطالعه قرار دادند و بیان کردند که شدت مغناطیس تأثیر بسیاری بر کیفیت خمیر منجمد از لحاظ کاهش انجماد زدایی خمیر دارد و با توجه به میزان استخراج آرد می‌تواند اثر معنی‌داری بر میزان تولید گاز مخمر دارد. همچنین می‌تواند خصوصیات بافتی نان را نیز بهبود و در بیاتی نان نیز مؤثر باشد. ازلحاظ ویژگی‌های حسی نیز آب مغناطیسی می‌تواند تخلخل، قابلیت جویدن و طعم نان را بهبود بخشد.

در دهه‌های اخیر با افزایش پژوهش‌های مختلف، آگاهی افراد نسبت به اهمیت مصرف غذای سالم و ارتباط بین انواع غذای مصرفی و سلامت انسان افزایش‌یافته است (رازقی و همکاران ۱٤۰۳). محصولات غذایی سرخ‌شده به دلیل دارا بودن ویژگی‌های بافتی منحصربه‌فرد از محبوبیت بالایی در میان مصرف‌کنندگان برخوردار می‌باشند (اسدنهال و همکاران ۱٤۰۱). محصولات کشاورزی مختلف مانند سیب‌زمینی هنگام سرخ شدن در روغن‌های خوراکی مقدار زیادی روغن جذب می‌کنند. هر چقدر روغن جذب شده توسط این محصولات بیشتر باشد، ماندگاری و کیفیت آنها کمتر شده و باعث کاهش پذیرش محصول نهایی توسط مصرف‌کننده می‌شود. جذب زیاد روغن توسط محصولات سرخ‌شده را می‌توان با اعمال پیش‌تیمارهای مختلف کاهش داد (کورک و همکاران ۲۰۱۷؛ صالحی ۲۰۲۰).

خروج سریع آب و جذب روغن طی فرآیند سرخ‌کردن رخ می‌دهد (موسی ۲۰۱۸). شدت تغییر خصوصیات ظاهری و رنگ سطحی محصولات سرخ‌شده وابسته به پیش‌تیمارهای اعمال شده و شرایط انجام فرآیند است. بیک و میتال (۲۰۰۵) نشان دادند که تغییرات شاخص قرمزی در دماهای بالای سرخ‌کردن شدیدتر بوده و سپس به مقدار ثابت می‌رسد و از یک تابع‌نمایی تبعیت می‌کند. پدرسچی و همکاران (۲۰۰۵) نیز گزارش کردند که میزان شاخص قرمزی در نمونه‌های

سیب‌زمینی آنزیم بری شده نسبت به نمونه‌های آنزیم بری نشده هنگام سرخ‌کردن کمتر است. همچنین بیان کردند که شاخص روشنایی و شاخص زردی طی سرخ‌کردن تغییر چندانی نکرده و رنگ سیب‌زمینی طی سرخ‌کردن تابع شاخص قرمزی بوده که تغییرات آن بیشتر است.

در این پژوهش استفاده از پیش‌تیمار آب مغناطیسی شده بر مقدار رطوبت، جذب روغن، سفتی، پارامترهای رنگی، شاخص تغییرات رنگ، تغییرات سطح و خصوصیات حسی برش‌های سیب‌زمینی سرخ‌شده بررسی شد.

مواد و روش‌ها

تهیه برش‌های سیب‌زمینی

در این پژوهش، سیب‌زمینی‌های رقم سانتا از شهرستان کبودرآهنگ (استان همدان، ایران)، با اندازه متوسط و یک شکل تهیه گردید. برای انجام فرآیند سرخ‌کردن ابتدا سیب‌زمینی‌ها به قطعاتی با ضخامت ۰/۵ سانتی‌متر برش داده شدند و سپس توسط یک قالب فلزی، برش‌های به شکل استوانه از آنها جدا شد.

تهیه آب مغناطیسی شده

جهت مغناطیسی کردن آب و تهیه آب مغناطیسی شده از دستگاه تولید کننده آب مغناطیسی- قلیایی (مدل دوقطبی، شرکت مغناطیس سازان حیات، ایران) استفاده شد. برای تهیه آب مغناطیسی شده، ۲ لیتر آب شهری داخل ظرفی از جنس پلی‌اتیلن ریخته شد و ظرف آب به مدت ۲ ساعت داخل دستگاه قرار داده شد.

اعمال پیش‌تیمار بر برش‌های سیب‌زمینی

برای اعمال پیش‌تیمار بر برش‌های سیب‌زمینی، ابتدا برش‌ها به سه گروه تقسیم شدند. یک گروه به مدت ۲۰ دقیقه درون آب قرار گرفتند (نمونه شاهد). گروه دوم به مدت ۲۰ دقیقه درون آبی که از قبل توسط دستگاه مغناطیسی شده بود ، قرار گرفتند (خارج دستگاه). گروه سوم هم به مدت ۲۰ دقیقه درون آبی که داخل دستگاه مغناطیسی قرار داشت، ریخته شدند و در معرض میدان مغناطیسی قرار گرفتند (داخل دستگاه).

سرخ‌کردن برش‌های سیب‌زمینی

بعد از گذشت ۲۰ دقیقه، برش‌های سیب‌زمینی از آب خارج و بعد از حذف رطوبت سطحی، توسط سرخ‌کن (دلونگی، F18، ۱۸۰۰ وات، ایتالیا) با دمای ۱۵۰ درجه سلسیوس به مدت ۵ دقیقه سرخ شدند. جهت سرخ‌کردن عمیق از روغن مایع مخصوص سرخ‌کردن بدون پالم (آفتابگردان-سویا، ورامین، ایران) استفاده شد. جهت کنترل دمای سرخ‌کن از دماسنج دیجیتالی تماسی دو کاناله لوترون[1] (تایوان) با دامنه دمایی ۵۰- تا ۱۲۳۰ درجه سلسیوس (با دقت ۰/۱°C±) و ترموکوپل دمایی نوع K با ضخامت یک میلی‌متر استفاده گردید.

درصد رطوبت و جذب روغن برش‌های سیب‌زمینی

برش‌های سیب‌زمینی بعد از طی زمان سرخ‌کردن، از سرخ‌کن خارج و پس از حذف روغن سطحی توسط دستمال کاغذی، بلافاصله جهت بررسی تغییرات وزن، مقدار رطوبت و درصد روغن استفاده شدند. تغییرات وزن نمونه‌ها توسط ترازوی دیجیتالی (لوترون، GM-300p، تایوان) با دقت ۰/۰۱ ± گرم، ثبت گردید. مقدار ماده جامد و رطوبت برش‌های تازه و سرخ‌شده سیب‌زمینی با استفاده از آون (شیماز، ایران) با دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس و در مدت زمان ۵ ساعت اندازه‌گیری شد (با استفاده از رابطه ۱) (حسینی ۲۰۰۶).

$$MC = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100 \qquad (۱)$$

در این رابطه، MC: مقدار رطوبت[2] (درصد)، M_1: جرم نمونه قبل از قرارگیری در آون (گرم) و M_2: جرم نمونه بعد از خروج از آون (گرم) است. درصد روغن نمونه‌های سرخ‌شده از کسر ماده جامد برش‌های تازه سیب‌زمینی از مقدار ماده جامد برش‌های سرخ‌شده، تقسیم بر وزن محصول سرخ‌شده ضرب در ۱۰۰ به دست آمد (با استفاده از رابطه ۲).

$$OU = \frac{TS_2 - TS_1}{M_1} \times 100 \qquad (۲)$$

1- Lutron, TM-916
2- Moisture content (MC)

در این رابطه، OU: روغن جذب‌شده[1] (درصد)، TS_2: ماده جامد[2] برش‌های سرخ‌شده (گرم)، TS_1: ماده جامد برش‌های تازه (گرم) و M_1: جرم نمونه سرخ‌شده سیب‌زمینی (گرم) است.

ارزیابی بافت توسط بافت سنج

سفتی بافت سیب‌زمینی‌های سرخ‌شده توسط دستگاه بافت سنج (Santam, STM-5, Iran) اندازه‌گیری شد. آزمون نفوذ با استفاده از یک پروب استوانه‌ای با قطر ۲/۵ میلی‌متر انجام شد. سرعت نفوذ پروب به داخل نمونه ۱ میلی‌متر بر ثانیه در نظر گرفته شد (لی و همکاران ۲۰۲۲).

شاخص‌های رنگی

در این پژوهش ابتدا توسط یک اسکنر (اچ‌پی، Scanjet 300، چین) از نمونه‌های تازه و سرخ‌شده عکس در فرمت JPG تهیه و بعد از تبدیل به فرمت $L^*a^*b^*$ توسط نرم‌افزار Image J (ویرایش 1.42e، آمریکا)، شاخص‌های رنگی آنها شامل L^*، a^* و b^* محاسبه و گزارش شد. مقادیر تغییر رنگ (ΔE) برش‌های سیب‌زمینی در مقایسه با نمونه سرخ نشده با استفاده از معادله ۳ محاسبه شد (صالحی و همکاران ۲۰۲۳).

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (۳)$$

بررسی تغییرات سطح

درصد تغییرات اندازه سطح برش‌های سیب‌زمینی که معیاری از کاهش سطح محصول در طی فرآیند سرخ‌کردن می‌باشد با استفاده از روش پردازش تصویر و رابطه ٤ محاسبه و گزارش شد (صالحی و همکاران ۲۰۲۳).

$$\Delta A = \frac{A_1 - A_2}{A_1} \times 100 \quad (٤)$$

در این رابطه، ΔA: درصد تغییرات سطح، A_1: سطح نمونه تازه برش‌های سیب‌زمینی (سانتی‌متر مربع) و A_2: سطح نمونه سرخ‌شده برش‌های سیب‌زمینی (سانتی‌متر مربع) است.

ارزیابی حسی محصول سرخ‌شده

برای ارزیابی خصوصیات حسی برش‌های سیب‌زمینی سرخ‌شده از ۲۰ ارزیاب و آزمون رتبه‌بندی ۹ نقطه‌ای استفاده شد. در جدول ارزیابی حسی، شاخص‌ها شامل پذیرش ظاهر، پذیرش بو، پذیرش بافت، پذیرش طعم و پذیرش کلی برش‌های سیب‌زمینی سرخ‌شده بود (رازقی و همکاران ۱٤۰۳).

آنالیز آماری

کلیه آزمایش‌ها در سه تکرار انجام گرفت. تجزیه‌وتحلیل آماری بر پایه طرح کاملاً تصادفی مورد بررسی قرار گرفت. برای تجزیه‌وتحلیل آماری از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ استفاده شد. مقادیر میانگین پاسخ‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد مقایسه شدند (صالحی و همکاران ۱٤۰۳).

نتایج و بحث

درصد رطوبت و جذب روغن

میانگین رطوبت برش‌های تازه سیب‌زمینی ۸٤/۸۵ درصد بود. شکل ۱ اثر تیماردهی با آب مغناطیسی شده و میدان مغناطیسی بر درصد رطوبت برش‌های سیب‌زمینی سرخ‌شده را نشان می‌دهد. در این پژوهش، استفاده از آب مغناطیسی شده و قرار گرفتن در معرض میدان مغناطیسی به‌صورت معنی‌داری باعث افزایش درصد رطوبت برش‌های سیب‌زمینی سرخ‌شده شدند ($p<۰/۰۵$) که می‌تواند به دلیل مغناطیسی شدن آب و تغییر ساختار آن باشد که در نتیجه طی فرآیند سرخ‌کردن رطوبت بیشتری در محصول حفظ شده است.

1- Oil uptake (OU)
2- Total solids (TS)

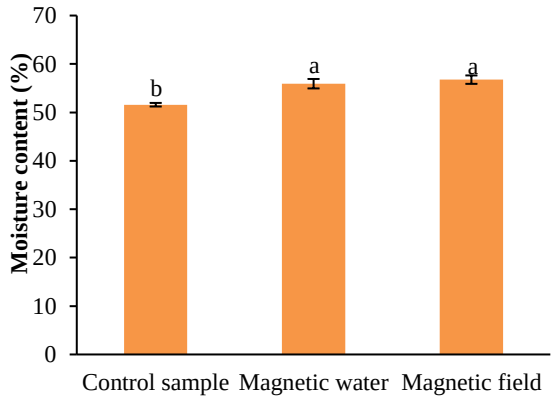

Figure 1. Effect of treatment with magnetized water and magnetic field on moisture content of fried potato slices

Different letters above the columns indicate significant difference ($p<0.05$)

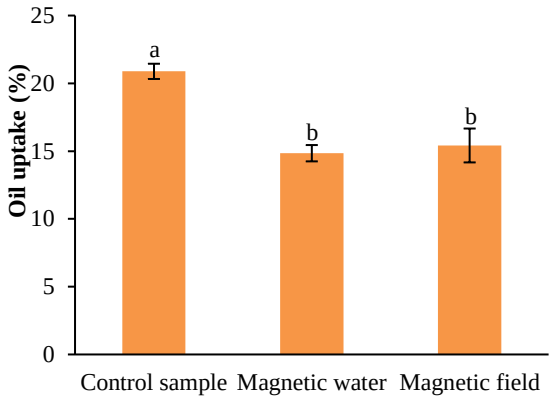

Figure 2. Effect of treatment with magnetized water and magnetic field on oil uptake of fried potato slices

Different letters above the columns indicate significant difference ($p<0.05$).

شکل ۲ اثر تیماردهی با آب مغناطیسی شده و میدان مغناطیسی بر درصد جذب روغن برش‌های سیب‌زمینی سرخ‌شده را نشان می‌دهد. این شکل نشان می‌دهد که استفاده از آب مغناطیسی شده و قرار گرفتن در معرض میدان مغناطیسی به‌صورت معنی‌داری باعث کاهش جذب روغن توسط برش‌های سیب‌زمینی سرخ می‌شود ($p<۰/۰۵$). کمترین جذب روغن (۱٤/۸۵ درصد) نیز مربوط به نمونه قرار گرفته در آب مغناطیسی شده بود. تیماردهی با آب مغناطیسی باعث افزایش سرعت خروج رطوبت آزاد از محصول (آنتال و همکاران، ۲۰۱۲؛ آنتال و همکاران ۲۰۱٤) و در نتیجه جذب کمتر روغن هنگام فرآیند سرخ‌کردن می‌شود. البته، نمونه‌های قرار گرفته در معرض آب مغناطیسی شده و میدان مغناطیسی درصد رطوبت بیشتری هم داشتند که این موضوع نیز به کاهش جذب روغن توسط محصول کمک می‌کند.

نتایج آزمون نفوذ

با افزایش درصد رطوبت محصول، سفتی محصول کاهش می‌یابد (بلیغی و همکاران ۱٤۰۳). شکل ۳ اثر تیماردهی با آب مغناطیسی شده و میدان مغناطیسی بر سفتی بافت برش‌های سیب‌زمینی سرخ‌شده را نشان می‌دهد. در این پژوهش، استفاده از آب مغناطیسی شده و قرار گرفتن در معرض میدان مغناطیسی باعث کاهش سفتی برش‌های سیب‌زمینی سرخ‌شده شدند و از نظر آماری بین سفتی نمونه شاهد و نمونه تیمار شده توسط آب مغناطیسی شده اختلاف معنادار مشاهده شد ($p<۰/۰۵$). سفتی نمونه شاهد (قرار گرفته در آب معمولی)، پیش‌تیمار شده توسط آب مغناطیسی و قرار گرفته در معرض میدان مغناطیسی به ترتیب برابر ۱/٦۷، ۱/۰۱ و ۱/۳۲ نیوتن بود. هم‌راستا با نتایج این پژوهش، آنتال و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که استفاده از پیش‌تیمار آب مغناطیسی باعث کاهش زمان خشک‌کردن، ایجاد بافت نرم‌تر (کاهش سفتی) و افزایش هیدراتاسیون سیب‌های خشک‌شده تحت خلأ می‌شود.

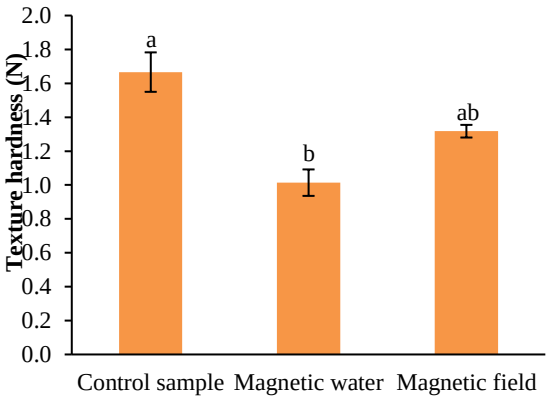

Figure 3. Effect of treatment with magnetized water and magnetic field on texture hardness of fried potato slices

Different letters above the columns indicate significant difference (p<0.05).

شاخص‌های رنگی محصول سرخ‌شده

شاخص‌های رنگی برش‌های سیب‌زمینی سرخ‌شده با استفاده از روش پردازش تصویر با سه مؤلفه زردی (b^*)، قرمزی (a^*) و روشنایی (L^*) اندازه‌گیری شد. در این سیستم مؤلفه L^* بیانگر شدت روشنایی با محدوده صفر (سیاه) تا ۱۰۰ (سفید)، مؤلفه a^* بیانگر شدت قرمزی با محدوده ۱۲۰- (سبز) تا ۱۲۰+ (قرمز) و مؤلفه b^* بیانگر شدت زردی با محدوده ۱۲۰- (آبی) تا ۱۲۰+ (زرد) است (صالحی، ۲۰۱۹). متوسط مقدار عددی شاخص‌های زردی/آبی، قرمزی/سبزی و روشنایی برای برش‌های تازه سیب‌زمینی به ترتیب برابر ۲۰/۷۸، ۳/۸۲- و ۷۳/۷۳ بود. در جدول ۱ اثر تیماردهی با آب مغناطیسی شده و میدان مغناطیسی بر شاخص‌های رنگی برش‌های سیب‌زمینی سرخ‌شده گزارش شده است. از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین قرمزی و زردی نمونه‌ها وجود نداشت ($p>0/05$)؛ اما از نظر شاخص روشنایی، نمونه شاهد با نمونه قرار گرفته در میدان مغناطیسی از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با هم داشتند ($p<0/05$). از نظر عددی نمونه‌های تیمار شده با آب مغناطیسی شده و میدان مغناطیسی روشن‌تر بودند (شاخص روشنایی بیشتر نسبت به نمونه شاهد). همچنین قرمزی و زردی این نمونه‌ها از نمونه شاهد کمتر بود که نشان‌دهنده کاهش فرآیندهای قهوه‌ای شدن و در نتیجه تغییر رنگ کمتر برش‌های سیب‌زمینی سرخ‌شده است (صالحی و همکاران ۲۰۲۳).

Table 1- Impact of treatment with magnetized water and magnetic field on color indexes of fried potato slices

Treatment	Lightness (L^*)	Redness (a^*)	Yellowness (b^*)
Control sample	62.04±1.86 ^{b}	6.25±1.39 ^{a}	33.73±1.08 ^{a}
Magnetic water	68.00±3.98 ^{ab}	4.77±2.78 ^{a}	26.08±3.80 ^{a}
Magnetic field	70.49±1.62 ^{a}	4.75±2.42 ^{a}	31.44±3.54 ^{a}

Different letters indicate significant differences within columns by Duncan's test at p<0.05.

شکل ٤ اثر تیماردهی با آب مغناطیسی شده و میدان مغناطیسی بر شاخص تغییرات رنگ برش‌های سیب‌زمینی سرخ‌شده را نشان می‌دهد. در این پژوهش، استفاده از آب مغناطیسی شده و قرار گرفتن در معرض میدان مغناطیسی به‌صورت معنی‌داری باعث کاهش تغییرات رنگ برش‌های سیب‌زمینی سرخ‌شده شد ($p<0/05$) که حاکی از کاهش تغییرات رنگ نمونه‌های تیمار شده بعد از فرآیند سرخ‌کردن است.

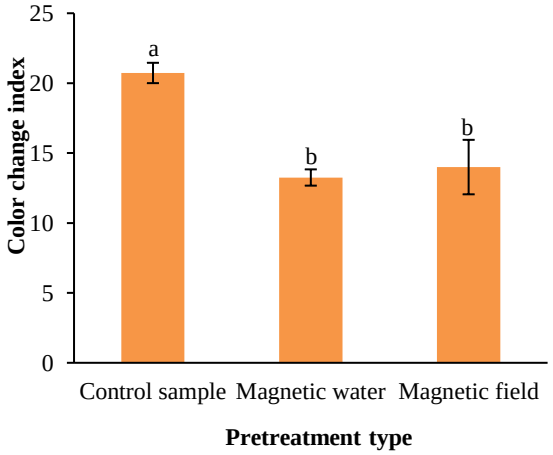

Figure 4. Effect of treatment with magnetized water and magnetic field on color change index of fried potato slices

Different letters above the columns indicate significant difference (p<0.05).

تغییر اندازه نمونه‌های سرخ‌شده

شکل ۵ اثر تیماردهی با آب مغناطیسی شده و میدان مغناطیسی بر تغییر سطح برش‌های سیب‌زمینی سرخ‌شده را

نشان می‌دهد. استفاده از آب مغناطیسی شده و قرار گرفتن در معرض میدان مغناطیسی باعث کاهش تغییر سطح و اندازه برش‌های سیب‌زمینی سرخ‌شده شدند (اندازه بزرگتر محصول سرخ‌شده) و از نظر آماری بین شاخص تغییر سطح نمونه شاهد و این دو نمونه تیمار شده اختلاف معنادار مشاهده شد ($p<۰/۰۵$). تغییر سطح نمونه شاهد (قرار گرفته در آب معمولی)، پیش‌تیمار شده توسط آب مغناطیسی و قرار گرفته در معرض میدان مغناطیسی به ترتیب برابر ۱٤/٥٤، ۱۰/۷۷ و ۱۲/۹۷ درصد بود.

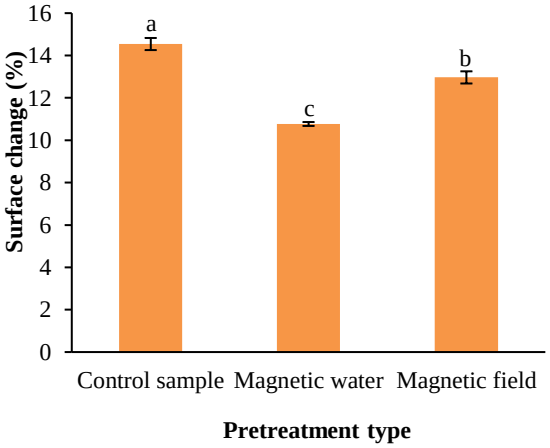

Figure 5. Effect of treatment with magnetized water and magnetic field on surface change of fried potato slices

Different letters above the columns indicate significant difference ($p<0.05$).

ارزیابی حسی

سرخ‌کردن عمیق به دلیل ایجاد ویژگی‌های حسی و ارگانولپتیکی جذاب در محصول از جمله تردی بافت، عطروطعم منحصربه‌فرد، ظاهر مورد پسند و افزایش سرعت و سهولت پخت‌وپز، مورد توجه قرارگرفته است (اصغری‌صحت و همکاران ۱٤۰۳). شکل ٦ میانگین نتایج ارزیابی حسی برش‌های سیب‌زمینی سرخ‌شده تیمار نشده و تیمار شده با آب مغناطیسی و میدان مغناطیسی را نشان می‌دهد. نتایج ارزیابی حسی نشان داد که استفاده از آب مغناطیسی باعث بهبود ویژگی‌های حسی محصول سرخ‌شده می‌شود. از نظر امتیاز پذیرش ظاهر، بو، بافت و طعم و همچنین پذیرش کلی، برش‌های سیب‌زمینی سرخ‌شده تیمار شده با آب مغناطیسی بالاترین امتیاز را داشتند. البته از نظر آماری، اختلاف معنی‌داری بین امتیاز پذیرش ظاهر، پذیرش بافت، پذیرش طعم و پذیرش کلی دو گروه تیمار شده با آب مغناطیسی و میدان مغناطیسی وجود نداشت ($p>۰/۰۵$). هم‌راستا با نتایج این پژوهش، آنتال و همکاران (۲۰۱٤) گزارش کردند که استفاده از آب مغناطیسی می‌تواند سبب کاهش زمان خشک شدن میوه‌ها، افزایش کیفیت ازلحاظ رنگ، بافت و طعم نیز شود.

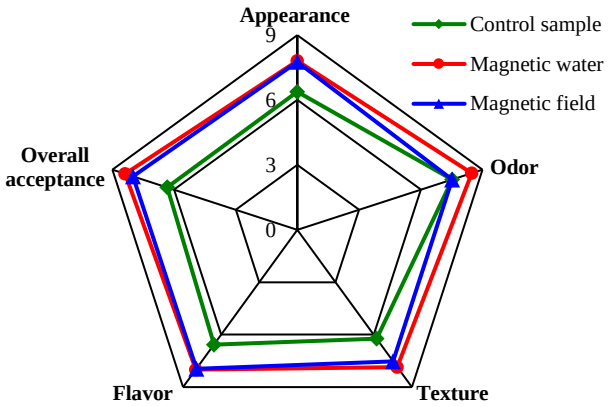

Figure 6. Effect of treatment with magnetized water and magnetic field on organoleptic acceptability of fried potato slices

نتیجه‌گیری

آب مغناطیسی شده به دلیل ساختار شش‌ضلعی خود می‌تواند تأثیرات خوبی بر مواد غذایی داشته باشد. در این پژوهش استفاده از آب مغناطیسی شده و میدان مغناطیسی برای کاهش جذب روغن و بهبود خصوصیات حسی و بافتی سیب‌زمینی سرخ‌شده بررسی شد. در مقایسه با نمونه شاهد، استفاده از آب مغناطیسی‌شده به‌صورت معنی‌داری باعث حفظ آب (درصد رطوبت بالاتر)، کاهش جذب روغن، کاهش سفتی، کاهش تغییرات رنگ و کاهش تغییرات سطح (اندازه بزرگتر) سیب‌زمینی سرخ‌شده گردید ($p<۰/۰۵$). از نظر امتیازهای پذیرش ظاهر، بو، بافت، طعم و مطلوبیت کلی، بالاترین امتیاز مربوط به برش‌های سیب‌زمینی پیش‌تیمار شده با آب مغناطیسی بود، البته در برخی از پارامترها مانند پذیرش ظاهر،

پذیرش بافت، پذیرش طعم و پذیرش کلی اختلاف معنی‌داری با نمونه‌های قرار گرفته در میدان مغناطیسی وجود نداشت ($p>0/05$). در مجموع استفاده از آب مغناطیسی شده قبل از سرخ‌کردن برش‌های سیب‌زمینی توصیه می‌شود. همچنین به‌عنوان پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌شود که پژوهش‌های بیشتری در خصوص استفاده از آب مغناطیسی شده در فراوری مواد غذایی مختلف انجام گیرد.

تشکر و قدردانی

هزینه‌های انجام این پژوهش از محل پژوهانه به شماره ٤٠٢١٧٤، تأمین شده از سوی معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه بوعلی سینا، پرداخت شده است. لذا نویسندگان از معاونت محترم پژوهش و فناوری دانشگاه بوعلی سینا به خاطر حمایت مالی و معنوی از این پژوهش تشکر و قدردانی می‌نمایند.

References

اصغری‌صحت م، بیگ محمدی ز و جهانبخشیان ن. ۱٤۰۳. تعیین و پیش بینی نقطه دورریز روغن سرخ کردنی صنف و صنعت طی سرخ کردن عمیق. پژوهش های صنایع غذایی، ۳٤(۲): ٦۰-٤٥.

بلیغی ف، اعلمی م و صادقی ع. ۱٤۰۳. تاثیر جایگزینی آرد برنج با آرد ماش خام و جوانه‌زده بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خمیرابه و کیک بدون گلوتن. پژوهش های صنایع غذایی، ۳٤(۳): ۱۳۲-۱۱۷.

رزاقی ا، صداقتی م و بیگ محمدی ز. ۱٤۰۳. بررسی خواص فیزیکی‌شیمیایی و آنتی‌اکسیدانی ماست فراسودمند حاوی عصاره گیاه پنیرک (*Malva sylvestris*). پژوهش های صنایع غذایی، ۳٤(۳): ۱٤-۱.

صالحی ف، رضوی کامران ه و گوهرپور ک. ۱٤۰۳. تأثیر پیش‌تیمار فراصوت بر سرعت خشک شدن جوانه‌های عدس در خشک‌کن‌های هوای داغ و فروسرخ. پژوهش های صنایع غذایی، ۳٤(۲): ٤۳-۳۱.

Antal T, Figiel A, Kerekes B, Sikolya L, Korzeniowska M, 2014. The effect of alkaline water pre-treatment on drying characteristics of apples. Australian Journal of Crop Science 8(7): 1056-1064.

Antal T, Kerekes B, Sikolya L, Szőllősi I, 2012. Effect of pre-treatment on the characteristics of dried apple varieties using alkaline-ionized water. Analele Universitátii Din Oradea, Fascicula Protectia Mediului 19: 231-240.

Asadnahal M, Salehi F, Rasouli M, 2022. The effect of coating with xanthan gum on the colour indexes and surface change of fried eggplant slice. Food Research Journal 32(1): 79-91.

Baik O-D, Mittal GS, 2005. Heat and moisture transfer and shrinkage simulation of deep-fat tofu frying. Food Research International 38(2): 183-191.

Chang K-T, Weng C I, 2006. The effect of an external magnetic field on the structure of liquid water using molecular dynamics simulation. Journal of Applied physics 100 (4): 043917.

Esmaeilnezhad E, Choi HJ, Schaffie M, Gholizadeh M, Ranjbar M, 2017. Characteristics and applications of magnetized water as a green technology. Journal of Cleaner Production 161: 908-921.

Holysz L, Szczes A, Chibowski E, 2007. Effects of a static magnetic field on water and electrolyte solutions. Journal of Colloid and Interface Science 316(2): 996-1002.

Hosseini Z, 2006. Common Methods in Food Analysis. Shiraz University Pub.

Ignatov I, Mosin O, 2014. Basic concepts of magnetic water treatment. European journal of molecular biotechnology 4: 72-85.

Kurek M, Ščetar M, Galić K, 2017. Edible coatings minimize fat uptake in deep fat fried products: A review. Food Hydrocolloids 71: 225-235.

Li Y, Li Z, Guo Q, Kong B, Liu Q, Xia X, 2022. Inhibitory effect of chitosan coating on oil absorption in French fries based on starch structure and morphology stability. International Journal of Biological Macromolecules 219: 1297-1307.

Moulaei S, Ahmadi SM, Haghaiegh GH, Niknia S, Farahmandfar R, 2022. The effect of magnetic water on the quality characteristics of frozen dough and its produced bread, The Thesis Submitted for the Degree of M.Sc (in the field of Food industrial engineering, Food Microbiology Trend), Faculty of Agriculture, University of Zabol.

Mousa RMA, 2018. Simultaneous inhibition of acrylamide and oil uptake in deep fat fried potato strips using gum Arabic-based coating incorporated with antioxidants extracted from spices. Food Hydrocolloids 83: 265-274.

Nakagawa J, Hirota N, Kitazawa K, Shoda M, 1999. Magnetic field enhancement of water vaporization. Journal of Applied Physics, 86(5): 2923-2925.

Pang X, Deng B, 2008. Investigation of changes in properties of water under the action of a magnetic field. Science in China Series G: Physics, Mechanics and Astronomy 51(11): 1621-1632.

Pedreschi F, Moyano P, Kaack K, Granby K, 2005. Color changes and acrylamide formation in fried potato slices. Food Research International 38(1): 1-9.

Salehi F, 2019. Color changes kinetics during deep fat frying of kohlrabi (*Brassica oleracea var. gongylodes*) slice. International Journal of Food Properties 22(1): 511-519.

Salehi F, 2020. Effect of coatings made by new hydrocolloids on the oil uptake during deep-fat frying: A review. Journal of Food Processing and Preservation 44(11): e14879.

Salehi F, Goharpour K, Razavi Kamran H, 2023. Optimization of sonication time, edible coating concentration, and osmotic solution °Brix for the dehydration process of quince slices using response surface methodology. Food Science & Nutrition 11(7): 3959-3975.