یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک
بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران

اثر ولتاژ و الکترود بر زمان فرآیند تولید کشک به روش گرمایش اهمی

کبری حیدربیگی[1] و محمد حسین نرگسی[2]

[1]استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه ایلام، ایلام؛ k.heidarbeigi@ilam.ac.ir
[2]دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه ایلام، ایلام؛ mohamad.hossein.73@gmail.com

چکیده

گرمایش اهمی یکی از روش‌های جدید در فرآوری مواد غذایی می باشد که مواد غذایی به عنوان مقاومت الکتریکی عمل می کنند. در تحقیق حاضر سامانه‌ای برای تولید کشک از دوغ با استفاده از این روش پیاده‌سازی گردید. اثر ولتاژ و نوع الکترود در گرمایش اهمی کشک بر مدت زمان فرآیند تولید کشک مورد بررسی قرار گرفت. تعداد هشت تیمار به صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی با دو عامل ولتاژ (در چهار سطح: ۶۰، ۷۰، ۸۰ و ۹۰) و الکترود (در دو سطح: فولاد ضدزنگ و برنج) مورد آزمایش قرار گرفت. در هر آزمایش مدت زمان انجام فرآیند ثبت گردید و داده‌های بدست آمده با استفاده از نرم افزار SAS تحلیل گردید. بررسی نتایج نشان داد که مدت زمان فرآیند با ولتاژ رابطه معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ داشت و با افزایش ولتاژ مدت زمان فرایند روندی نزولی داشت. ولی با نوع الکترود معنی‌دار نبود. اثر الکترود و اثر متقابل الکترود با ولتاژ بر مدت زمان انجام فرآیند معنی‌دار نبود. میانگین مدت زمان فرآیند در همه ولتاژهای مورد بررسی برای الکترود فولاد از برنج کمتر بود. در نهایت، الکترود فولادی با ولتاژ ۸۰ V برای تهیه کشک از دوغ به روش گرمایش اهمی مناسب تر می‌باشد و مدت زمان فرآیند در این تیمار ۵۷/۸۳ s بود.

کلمات کلیدی: کشک، گرمایش اهمی، الکترود، ولتاژ

Effect of Voltage and Electrode on the Curd Production Process Time by Ohmic Method

Kobra Heidarbeigi[1], Mohamad Hossein Nargesi[2]

[1]Assistance Professor. Mechanical Engineering of Biosystems Department, Ilam University, Ilam. k.heidarbeiogi@ilam.ac.ir
[2]M.Sc. Student, Mechanical Engineering of Biosystems Department, Ilam University, Ilam. mohamad.hossein.73@gmail.com

ABSTRACT

Ohmic heating is one of the new methods of food processing in which food materials act as electrical resistances. In the present study, an experimental system was implemented to produce curd from doogh by the method. The effects of voltage and electrode on the time duration of the ohmic heating process were investigated. Eight treatments were investigated as factorial experiment based on completely randomized design with two factors including voltage (at four levels: 60, 70, 80 and 90 V) and electrode (at two levels: stainless steel and brass). Time duration of the process was recorded for each experiment and the obtained data was analyzed by SAS Software. The results showed that there was a significant relationship between voltage and time duration of the process at 1% probability level and the time duration had a decreasing trend by increase of the voltage. The effects of electrode and interaction of electrode with voltage on the time duration was not significant. The mean of the time duration for all investigated voltages of stainless steel was lower than that of brass electrode. Finally, there was concluded that stainless steel electrode with 80 V was the best treatment to produce curd from doogh by ohmic method with time duration of 57.83 s.

Keywords: Curd, Ohmic heating, Electrode, Voltage.

۱- کبری حیدربیگی، دانشگاه ایلام، تلفن و نمابر: ۰۸۴۳۲۲۲۷۰۱۵.

۱- مقدمه

روند رو به رشد جمعیت جهان و افزایش نیاز به غذا اهمیت فرآوری محصولات غذایی را آشکارتر می‌سازد. علاوه بر این معمولاً محصولات کشاورزی به دلیل واکنش‌های شیمیایی همواره در معرض فساد قرار دارند و امکان نگهداری آن‌ها بدون در نظر گرفتن شرایط مناسب و فرآوری امکان-پذیر نیست. تغلیظ، خشک کردن و آبگیری از محصولات کشاورزی از فرآیندهای مهم در صنعت فرآوری مواد غذایی هستند که با کاهش فعالیت آبی، موجب پایداری ماده غذایی می‌گردند (Ghanbarzadeh, 2004).

محصولات تخمیری شیر که به عنوان محصولات لبنی نیز نامیده می‌شوند، در واقع محصولاتی هستند که بوسیله باکتری‌های لاکتیکی مانند لاکتوباسیلوس‌ها، لاکتوکوکوس‌ها و لوکونوستوک‌ها تخمیر می‌شوند، این فرآیند تخمیر سبب افزایش ماندگاری محصول می‌شود و همچنین طعم و مقبولیت فرآورده را نیز بهبود می‌بخشد (Tamimi, 2006). دوغ یکی از فرآورده‌های تخمیری شیر می‌باشد که حاصل اختلاط ماست با آب قابل شرب و نمک خوراکی و یا اختلاط شیر با آب قابل شرب و نمک خوراکی قبل از تیمار حرارتی و تخمیر است (Cotox, 2013). دوغ یکی از نوشیدنی‌های سنتی ایرانیان و برخی ملل دیگر در اروپای شرقی، خاورمیانه و آسیا به شمار می‌آید. این فرآورده از رقیق کردن ماست با آب آشامیدنی آب پنیر تخمیر شده و یا دوغ کره به دست می‌آید (Forughinya et al., 2007). از خواص تغذیه‌ای دوغ می‌توان به افزایش ویتامین‌ها و متابولیت‌های مغذی، بهبود جذب کلسیم و قابلیت هضم بیشتر نسبت به شیر اولیه اشاره کرد (Vosough et al., 2009). کشک یکی از فرآورده‌های فرعی دوغ و یک محصول لبنی خاص در ایران می‌باشد که با جوشاندن طولانی مدت ماست یا دوغ تهیه می‌گردد. با توجه به شیوه تهیه آن، می‌تواند مقادیر زیاد فلزات سنگین را به همراه داشته باشد. این محصول به دو صورت خشک و مایع عرضه می‌گردد. کشک خشک در مناطق روستایی، با خشک کردن ماست تغلیظ شده در معرض هوای آزاد و یا زیر نورخورشید تهیه می‌شود (Mohammadi et al., 2009).

امروزه سعی می‌شود با تکیه بر روش‌های ترکیبی، غیرحرارتی، آنزیمی و غیره، محصولی با کیفیت بالا تولید کرد. برای اجتناب از رشد میکروب‌ها در فرآورده‌های تبدیلی، غیرفعال سازی آنزیم‌ها با اعمال حرارت بالا در مدت زمان خیلی کم امری ضروری می‌باشد (Darwishi, 2012). گرمایش اهمی یک فرآیند پیشرفته دمایی است که در آن مواد غذایی به عنوان مقاومت الکتریکی عمل می‌کنند. سامانه آزمایشگاهی آن معمولا شامل دو الکترود می‌باشد که با مواد غذایی در تماس بوده و در آن جریان الکتریسیته منتقل می‌شوند. در مقایسه با روش گرمایش معمول، در حالی که گرما از خارج با استفاده از یک سطح داغ منتقل شده، گرمایش اهمی گرما را در سراسر جرم مواد غذایی به طور یکنواخت جابجا می‌کند. موفقیت گرمایش اهمی به میزان تولید و سرعت انتقال گرما در سامانه و هدایت الکتریکی مواد غذایی بستگی دارد (Eric & Boucart, 2010).

گرمایش اهمی کاربردهای مختلفی همچون خشک کردن مواد غذایی، تخمیر، استخراج، استریلیزاسیون و حرارت دهی در حد پیش تیمار برای فرآیندهای اصلی حرارت دهی و ... دارد (Jalali and Yarmand, 2011). در تحقیقی که برای مقایسه روش حرارت دهی اهمی و روش معمول جهت تهیه آب انار تحت شرایط خلا و اتمسفر صورت گرفته، استفاده از روش گرمایش اهمی تاثیری بر خواص رئولوژیکی و رنگ آب انار نداشته و به عنوان یک روش جایگزین توصیه شده است (Rajabizadeh et al., 1393). مزایای روش گرمایش اهمی در مقایسه با روش های متداول دیگر، گرمایش سریع تر و یکنواخت تر، بازده بالاتر و حفظ ارزش غذایی بیشتر محصول می باشد (Nulsawi and Andaland, 2009; Vikram, 2005; A. Garz and Bozcart, 2010). مشخصات الکتریکی نظیر هدایت الکتریکی، گرادیان میدان و ولتاژ نقش مهمی را در گرمایش اهمی ایفا می کنند. غذاهایی که در آن‌ها به وفور آب و نمک های یونی یافت شود برای استفاده در گرمایش اهمی مناسب ترین کاربرد را دارند (Palinipan and Sassari, 2012). در فرآیند گرمایش اهمی هدایت الکتریکی مهمترین پارامتری است که وابسته به دما، گرادیان ولتاژ، فرکانس و غلظت الکترولیت است (Sassari and Palinipan, 1992; Eridari and Eli Kali, 2005). بر اساس مطالعات پیشین که بر روی هدایت الکتریکی مواد غذایی انجام گرفته، می توان گفت رابطه بین هدایت الکتریکی و دما بسته به نوع محصول خطی یا درجه دوم هستند (Castro, 2003).

لبنیات از جمله کشک از منابع غنی ویتامین ها، چربی و کربوهیدرات هستند که در صورت عدم اعمال روش های مناسب نگهداری مقادیر قابل توجهی از آن ها دچار انواع فساد میکروبی شیمیایی و فیزیکی گردیده از بین می روند. لذا تولید کنندگان جهت جلوگیری از فساد محصولات مذکور و وارد آمدن خسارت های تغذیه ای و اقتصادی اقدام به ابداع و اعمال شیوه های مختلف نگهداری و جلوگیری از فساد این بخش از مواد غذایی نموده است که از آن جمله می توان به تولید کشک اعمال فرآیند حرارتی و یا به کارگیری فرآیند تغلیظ اشاره نمود. لذا هدف از انجام این تحقیق تولید کشک از دوغ به روی گرمایش اهمی بجای روش‌های گرمادهی مستقیم و بررسی اثر ولتاژها و الکترودهای مختلف در تولید کشک می باشد.

۲- مواد و روش‌ها

آزمایش‌های تغلیظ گرمایش اهمی در کارگاه گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه ایلام انجام گرفت. برای انجام این تحقیق دوغ محلی گاو از بازار شهر ایلام خریداری شد. دوغ در یخچال دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شد.

بدنه سلول گرمایش اهمی از جنس تفلون و به شکل استوانه توخالی ساخته شد که قطر داخلی استوانه ۱۰ سانتی متر و طول آن ۴۰ سانتی متر در

نظر گرفته شد. بر روی بدنه سلول یک سوراخ به قطر ۲ سانتی متر ایجاد گردید. سوراخ به منظور وارد کردن ماده غذایی داخل سلول و همچنین قرارگیری پراب دماسنج داخل ماده غذایی مورد استفاده قرار گرفت. حجم مؤثر سلول ۲۰۰۰ سانتی متر مکعب بود. برای اندازه گیری دمای داخل سلول گرمایش اهمی از ترمومتر مدل TM-903A استفاده شد. همچنین به منظور تبدیل ولتاژ ۲۲۰ ولت به ولتاژهای مورد نیاز از رگلاتور ولتاژ (ساخت شرکت امرسان، ایران) استفاده گردید. در شکل (۱) سامانه گرمایش اهمی و سلول آن نشان داده شده است. حجم داخلی سلول به میزان ۱۰۰ سی سی از محصول پر شده و ولتاژهای به سلول اعمال شد. بعد از اعمال ولتاژ، دمای دوغ در داخل سلول افزایش یافته و دوغ شروع به جوشیدن نموده تا کشک حاصل گردد.

شکل ۱. سامانه گرمایش اهمی و اتصال آن به رگلاتور ولتاژ و دماسنج.

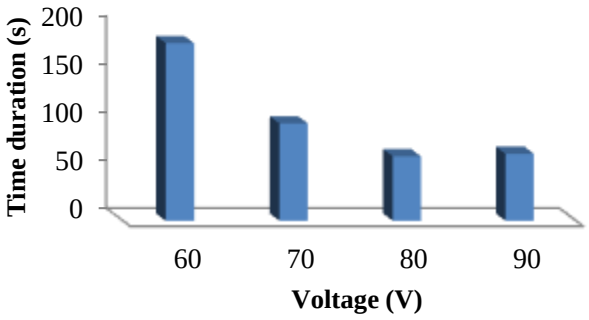
Fig. 1. Ohmic heating system and its connection to voltage regulator and thermometer.

تولید کشک در ولتاژهای مختلف ۶۰، ۷۰، ۸۰ و ۹۰ ولت و با الکترودهای مختلف آهن و برنج در سه تکرار انجام شد. داده های مربوط به دما و زمان انجام فرآیند تولید کشک در هر آزمایش ثبت گردید. با استفاده از نرم افزار SAS تجزیه واریانس داده‌ها به منظور بررسی اثر ولتاژ و الکترود بر مدت زمان انجام فرآیند تولید کشک به روش گرمایش اهمی به صورت آزمایش چندعامله بر پایه طرح کاملا تصادفی انجام گرفت. همچنین از روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه میانگین داده صورت گرفت.

۳- نتایج و بحث

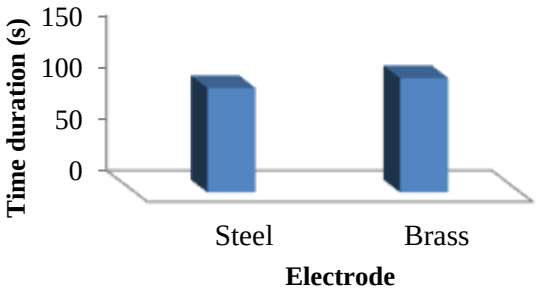
مدت زمان انجام فرآیند تولید کشک با استفاده از سامانه توسعه یافته در تحقیق حاضر به روش گرمایش اهمی ثبت گردید. میانگین مدت زمان انجام فرآیند در ولتاژهای مختلف در شکل (۲) نشان داده شده است. با توجه به شکل (۲)، با افزایش ولتاژ اعمالی به دوغ مدت زمان انجام فرآیند روند نزولی داشت. دلیل این امر افزایش انرژی تبدیل شده به انرژی گرمایی با افزایش ولتاژ است که باع می‌شود دوغ سریع تر گرم شود و در نتیجه مدت زمان انجام فرآیند کاهش می‌یابد. Darvishi (2012) برای فرآوری آب انار از چهار سطح ولتاژ ۳۰، ۳۵، ۴۵ و ۵۵ ولت بهره بردند و بیان کردند که با افزایش ولتاژ زمان فرآوری کاهش می‌یابد. همچنین Castro (2004) گرادیان‌های ولتاژی ۲۵، ۴۰، ۵۵ و ۷۰ را برای فرآوری هویج استفاده نمودند و نتایج مشابهی را گزارش نمودند.

میانگین مدت زمان انجام فرآیند در الکترودهای مختلف در شکل (۳) نشان داده شده است. همان طور که در شکل (۳) مشاهده می‌شود میانگین مدت زمان انجام فرآیند برای الکترود فولادی کمتر از الکترود برنجی بود. نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارها بر روی مدت زمان فرآیند تولید کشک در جدول (۱) آمده است.



شکل ۲. میانگین مدت زمان انجام فرآیند تولید کشک برای ولتاژهای مختلف.

Fig. 4. The mean of time duration of curd production process for different voltages.



شکل ۳. میانگین مدت زمان انجام فرآیند تولید کشک برای الکترودهای مختلف.

Fig. 5. The mean of time duration of curd production process for different electrodes.

جدول ۱. تجزیه واریانس اثر تیمار بر مدت زمان فرآیند تولید کشک.

Table 1. Variance analysis of the effect of treatment on time duration of curd production process.

منبع تغییرات Source of varieties	درجه آزادی Degree of freedom	مجموع مربعات Sum of squares	میانگین مربعات Mean of squares	 Pr > F
الکترود Electrode	1	275.52	275.52	0.16595
ولتاژ Voltage	3	34440.04	11480.01	0.0002
الکترود×ولتاژ Electrode×Voltage	3	347.04	115.68	0.4028
خطا Error	4	370.13	92.53	-

طبق جدول (۱) اثر ولتاژ بر مدت زمان تولید کشک در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار می‌باشد، اما اثر نوع الکترود بر مدت زمان تولید کشک معنی‌دار نمی‌باشد. بدین معنی که در ولتاژهای اعمالی تفاوت معنی‌داری بین الکترود فولاد و برنج مشاهده نشد. همچنین اثر متقابل ولتاژ با الکترود بر مدت زمان انجام فرآیند تولید کشک معنی‌دار نمی‌باشد. این مسئله به این معنی است که اثرات ولتاژ و الکترود بر مدت زمان انجام فرآیند تولید کشک مستقل از هم می‌باشند. نتایج مربوط به مقایسه میانگین اثر ولتاژ بر مدت زمان تولید کشک به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در جدول (۲) آمده است.

جدول ۲. مقایسه میانگین تیمارهای مورد بررسی بر مدت زمان فرآیند کشک.

Table 1. Compare mean of the investigated treatment on time duration of curd production process.

ولتاژ (V) Voltage (V)	مدت زمان (s) Time duration (s)
60	187.00[a*]
70	102.00[b]
90	69.50[c]
80	66.88[c]

*حروف غیرمشابه نشانه معنی‌داری در سطح احتمال ۵ ٪ است.

همانطور که در جدول (۲) مشاهده می شود میانگین مدت زمان فرآیند تولید کشک برای هر دو نوع الکترود در ولتاژهای ۶۰، ۷۰ و ۸۰ V با هم اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ دارند. میانگین مدت زمان فرآیند تولید کشک برای هر دو نوع الکترود در ولتاژهای ۸۰ و ۹۰ V با هم اختلاف معنی‌داری ندارند اما میانگین این مدت زمان در ولتاژ ۸۰ V (۶۶/۸۸ s) کمتر از آن ۹۰ V (۶۹/۵۰ s) بود. کمترین مدت زمان در ولتاژ ۸۰ V در الکترود فولاد با مدت زمان ۵۷/۸۳ s و بیشترین مدت زمان برای الکترود فولادی با ولتاژ ۶۰V و مدت زمان ۱۸۴/۳۳ s به وقوع پیوست.

۴- نتیجه‌گیری

برای تولید کشک از دوغ ازروش گرمایش اهمی به عنوان یک روش جدید در فرآوری مواد است استفاده شده و پارامترهای مختلف و تغییرات آن ها بررسی شد. نتایج نشان داد که اثر ولتاژ بر مدت زمان فرآیند در سطح احتمال یک درصد معنی داربود اما اثر نوع الکترود و اثر متقابل الکترود با ولتاژ بر مدت زمان فرآیند غیرمعنی‌دار بود. با افزایش ولتاژ از ۶۰ تا ۹۰ V مدت زمان فرایند روندی نزولی داشت چرا که با افزایش ولتاژ اعمالی به دوغ انرژی گرمایی افزایش یافته و سریع تر گرم می‌شود. با توجه به نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین، الکترود فولادی با ولتاژ ۸۰ V برای تهیه کشک از دوغ به روش گرمایش اهمی مناسب تر می‌باشد و مدت زمان این تیمار ۵۷/۸۳ s بود.

مراجع

Azarikia, F., Abbasi, S., & Azizi, M. H. (2009). Efficiency and mechanism of action of hydrocolloids in preventing serum separation in doogh. Iranian Journal of Food Sciences and Technology, 4(1), 11-22. (Persian).

Bagheri poor Fallah, N., Mortazavian Farsani, S. A. M., Hosseini, H., Shahraz, F. & Bahadori Monfared, A. (2016). Identification of microorganisms in industrial Iranian doogh. Food Science and Technology, 13, 185-202. (Persian).

Castro, I., Teixeira, J. A., Salengke, S., Sastry, S. K. & Vicente, A. A. (2003). The influence of field strength, sugar and solid content on electrical conductivity of strawberry products. Journal of Food Process Engineering, 26(1), 17-30.

Codex Alimentarius Commission. (2013). Joint FAO/WHO food standard programme, proposed draft codex regional standard for doogh. Beirut, Lebanon, 21-25 January.

Darvishi, H., Khoshtaghaza, M. H. & Najafi, G. (2013). Ohmic heating of pomegranate juice: Electrical conductivity and pH change. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 12(2), 101-108.

Ezatpanah, H. Mohamadi, M., Mahdavi Adeli, H., Mohamadifar, M. & Afshar, M. (2012). The effect of lactating period on chemical component and some physical properties of traditional Iranian doogh. Food Technology and Nutrition, 9, 37-44. (Persian).

Foroughinia, S., Abbasi, S. & Hamidi Esfahani, Z. (2007). Effect of individual and combined addition of salep, tragacanth and guar gums on the stabilization of Iranian Doogh. Iranian Journal of Nutrition Science and Food Technology, 2(2), 15–25. (Persian).

Lewis, M.J. (2009). Physical properties of food and processing system. Woodhead Publishing.

Icier, F. & Ilicali, C. (2005). Temperature dependent electrical conductivities of fruit purees during ohmic heating. Food Research International, 38, 1135-1142.

Icier, F. & Ilicali, C. (2005). The use of tylose as a food analog in ohmic heating studies. Journal of Food Engineering, 69, 67-77.

Icier, F. & Bozkurt, H. (2010). Ohmic heating of liquid whole egg: rheological behavior and fluid dynamics. Food and Bioprocess Technology, 4(7), 1253–1263.

Jalali, M. & Yrmand, M. (2011). Application of ohmic heating in food materials. The First Middle East Drying Conference. Mahshahr, Iran. February 19-20. (Persian).

Mehraban Sang Atash, M., Sarabi Jamab, M., Karajhian, R., Nourbakhsh, R., Ghalasi, F., Vosough, A.S. & Mohsnzadeh, M. (2011). Evaluation of microbiological contamination sources on swelling of Iranian yoghurt drink during production processes. Journal of Food Research, 21, 45-56. (Persian).

Mohamadi Sani, A., Nikpoyan, H. & Moshiri Roudsari, R. (2009). Determination of heavy metal in liquid and dried curd in Khorasan factories. Innovation in Food Science and Processing, 1, 17-23. (In Farsi).

Mohammadi, M., Ezatpanah, H., Mahdavi Adeli, H., Mohammadifar, M., Afshar, M. (2012). Food Technology & Nutrition, 9(2), 37-44. (Persian).

Muir, D. D., Tamime, A. Y. & Wszolek, M. (1999). Comparison of the sensory Profiles of kefir, buttermilk and yogurt. International Journal of Dairy Technology, 52(4), 129-134.

Nolsoe, H. & Undeland, I. (2009). The acid and alkaline solubilisation process for the isolation of muscle proteins: state of the art. Food and Bioprocess Technology, 2(1),1-27.

Palaniappan, S., & Sastry, S.K. (1991). Electrical conductivity of selected juices: influences of temperature, solids content, applied voltage, and particle size. Journal of Food Process Engineering, 14, 247-260.

Rajabizadeh, M., Fadavi, A., & Ghazi, M.S. (2014). Electrical conductivity in ohmic heating of pomegranate juice under vacuum and atmosphere conditions. 2nd National conference on new achievements in engineering and basic Sciences. July 31, Ardabil, Iran. (Persian).

Sastry, S. K., & Palaniappan, S. (1992). Mathematical modeling and experimental studies on ohmic heating of liquid-particle mixtures in a static heater. Journal of Food Process Engineering, 15, 241-261.

Vikram, V. B., Ramesh, M. N. & Prapulla, S. G. (2005). Thermal degradation kinetics of nutrients in orange juice heated by electromagnetic and conventional methods. Journal of Food Engineering, 69, 31-40.

Vosohgh, A. S., Khamiri, M., Kashaninejhad, M. & Jafari, S. M. (2009). Effect of mint syrup on probiotic bacteria survival in Iranian traditional beverage (doogh). Agriculture Science and natural resources, 16(1), 156-164. (Persian).

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران