

استفاده از روش آماری تاگوچی در بهینه سازی تولید توفو از نظر وزن و طعم

تهمینه تقی زاده¹، داود زارع^{3*}، سید علی مرتضوی²، فرزانه عزیز محسنی³،
مهرداد آذین³، محمد حیدریان³

1. کارشناس ارشد صنایع غذایی، دانشگاه آزاد سبزوار و پژوهشکده بیوتکنولوژی، سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران

2. عضو هیئت علمی دانشگاه فردوسی مشهد

3. عضو هیئت علمی پژوهشکده بیوتکنولوژی، سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران

(تاریخ دریافت: 86/12/4 تاریخ پذیرش: 87/8/26)

چکیده

تعیین شرایط بهینه در هر فرآیندی از اتلاف وقت و انرژی جلوگیری کرده و موجب افزایش بهره وری آن می گردد. امروزه بدلیل مزایای فراوان محصولات سویا سعی می گردد روش اولیه تولید فراورده های سویا از نظر طعم و بازدهی تولید، بهبود یابد. در این بررسی با استفاده از روش آماری تاگوچی تولید توفو از نظر وزن و طعم بهینه سازی گردید. فاکتورهای انتخاب شده نوع و مقدار ماده منعقد کننده، مقدار آب مصرفی در تولید شیر سویا و دمای انعقاد بودند. نتایج نشان داد مهمترین فاکتور در میزان بازدهی تولید و طعم توفو مقدار آب مصرفی است. بهترین بازدهی تولید مربوط به منعقد کننده $MgCl_2$ با 143 گرم توفو به ازای 100 گرم سویا بود و بهترین طعم مربوط به منعقد کننده $MgCl_2$ با امتیاز 3,7 از 5 امتیاز در روش هدونیک بود.

کلید واژگان: توفو، سویا، شیر سویا

1- مقدمه

تحقیقات و آشکار شدن فواید بیشتر آن مورد توجه بیشتری قرار گرفت (2,4,3). توفو بدلیل مزایای بیشتر از قبیل خواص ضد سرطانی شناخته شده آن، جلوگیری از بیماریهای قلبی و عروقی، خواص آنتی اکسیدانی و ... در کشورهای اروپایی و آمریکا به خوبی رایج گردیده است. فروش توفو در آمریکا در سال 1980 حدود 38 میلیون دلار بوده است و در سال 1998 به حدود 207 میلیون دلار رسیده است. از جمله دیگر فراورده های سنتی سویا می توان تمپه یا بستر تخمیری سویا، سس سویا و شیر سویا را نام برد [2,3].

توفو در واقع پروتئینهای منعقد شده شیر سویاست که توسط منعقد کننده های مختلف نظیر $MgCl_2$ ، $CaSO_4$ ، GDL، استات کلسیم، اسید لاکتیک، لاکتات کلسیم و دیگر منعقد کننده های شیر سویا تولید می گردد، بطور کلی توفو بر اساس نوع منعقد کننده مورد استفاده در شیر سویا به دو نوع توفوی سخت و توفوی نرم تقسیم بندی می گردد [1].

توفو ابتدا 2000 سال پیش در چین تولید شد و در قرن هشتم به ژاپن آورده شد. شهرت توفو در غرب با افزایش رویکرد به غذاهای سالم وسعت یافت. پس از ایجاد

*مستول مکاتبات: davoodz@yahoo.com

اگرچه تولید شیر سویا و توفو در حدود 164 سال قبل

2- مواد و روشها

انتخاب

بطور کلی در تولید توفو چند فاکتور از اهمیت بالایی برخوردار است و گزارشات علمی زیادی بر روی این فاکتورها وجود دارد که شامل نوع واریته سویای مورد مصرف، دمای انعقاد توفو، نوع ماده منعقد کننده و میزان آب مصرفی (WUP) است [1,5].

در مورد واریته سویا با توجه به در دسترس بودن واریته گرگان 3 از شرکت دانه های روغنی به عنوان بهترین واریته موجود در کشور با درصد پروتئین بالا نسبت به واریته هایی نظیر ویلیامز و کلارک 63 از این واریته استفاده شد.

فاکتورهای مورد انتخاب جهت بهینه سازی تولید توفو که شامل نوع و مقدار ماده منعقد کننده، دمای انعقاد و میزان آب مصرفی می گردد در جدول (1) ذکر گردیده است.

جدول 1 فاکتورها و مقدار آنها در آزمایش های انجام

شده			
منعقدکننده CaSO_4			
نوع فاکتور	سطح 1	سطح 2	سطح 3
دما	76°C	80°C	84°C
نسبت آب مصرفی	18:1	22:1	26:1
در تولید شیر سویا			
مقدار CaSO_4	1%	2%	3%
منعقد کننده MgCl_2			
دما	65°C	70°C	75°C
نسبت آب مصرفی	18:1	22:1	26:1
در تولید شیر سویا			
مقدار MgCl_2	1%	1,5%	2%

طراحی آزمایش

در این آزمایش ها نرم افزار مورد استفاده کوالیتک 4 بود [9]. با توجه به اینکه دمای انعقاد برای CaSO_4 و MgCl_2 متفاوت است به همین دلیل با استفاده از نرم افزار کوالیتک 4 دو سری آزمایش جداگانه به روش تاگوچی و با آرایه L_9 برای بهینه سازی انعقاد با MgCl_2 و CaSO_4 طراحی و انجام شد. بدین ترتیب تعداد

اولین رویکرد وسیع به توفو در دهه 60، این ماده با انجام از میلاد آغاز شده است اما هنوز سعی می گردد این روش اولیه از نظر طعم و بازدهی تولید بهبود یابد. امروزه گزارشات زیادی در زمینه بهینه سازی روشهای تولید توفو از نظر طعم و بازدهی تولید به چشم می خورد [4,2,1]. به نظر می رسد بو و طعم سویا و اجزای ترکیبی پروتئینهای سویا تا حدی باعث محدود شدن مصرف سویا توسط انسان گردیده است. مهمترین فاکتورهای موثر در طعم و بازدهی تولید توفو، واریته سویای مورد مصرف، دمای انعقاد توفو، ماده منعقد کننده و میزان آب مصرفی¹ (WUP) می باشد. [5,6,8,7,1]

تعیین شرایط بهینه در هر فرآیندی از اتلاف وقت و انرژی جلوگیری کرده و موجب افزایش بهره وری آن می گردد. به منظور کاهش هزینه ها و زمان بهینه سازی شرایط یک فرآیند روشهای آماری مختلفی ابداع گردیده است [9]. از جمله این روشها می توان به روش فاکتوریل کامل، یک فاکتور در هر زمان²، سطح پاسخ³ و فاکتوریل جزئی⁴ که خود به انواع مختلفی قابل انجام است، اشاره کرد [9,10]. یکی از ساده ترین روشهایی که امروزه در صنایع متفاوت مورد استفاده قرار می گیرد تاگوچی است (9,10). با استفاده از این روش که یکی از انواع طراحی آزمایش به صورت فاکتوریل جزئی است، آزمایش های لازم برای بهینه سازی شرایط تولید به تعداد معدودی قابل کاهش است. شرکتهای معتبری از جمله فورد، آی تی تی، مینولتا، نیشان، زیراکس و سازمان ناسا در زمینه های مختلف از این روش جهت بهینه سازی فرآیندهای مورد نظر خود استفاده کرده اند [9,10].

در این بررسی سعی گردیده است با استفاده از روش تاگوچی فاکتورهای اساسی در زمینه بازدهی تولید و طعم توفو با استفاده از منعقد کننده CaSO_4 و MgCl_2 بهینه سازی گردد.

1. Water uptake percent
2. One factor at a time
3. Response surface
4. Fractional factorial

بررسیهای اولیه نشان داد میزان پروتئین سویای خام حدود 26% است و بر اساس آن مقدار آب مورد نیاز برای 100g پروتئین سویا با نسبت 1:18 محاسبه گردیده و پس از خیساندن سویا طبق فرمول بالا به آن اضافه گردید. همین روش برای نسبتهای دیگر آب مورد آزمایش به کار گرفته شد.

با توجه به اینکه آزمایش ها به شکل سه تکرار در نظر گرفته شده بود ابتدا 600g سویا در آب 55°C به مدت سه ساعت خیسانده شد و طبق شرایط آزمایش با حجم های مختلف آب بر اساس آزمایش مورد نظر توسط دستگاه کلوتیدمیل آسیاب شد و سپس پخت آن در دمای 96°C به مدت ده دقیقه صورت گرفت و توسط صافی و پرس شیر سویای آن جدا شد. سپس حجم شیر سویای بدست آمده اندازه گیری شد و به منظور انجام سه تکرار آزمایش شیر سویا به سه قسمت مساوی تقسیم شد و در بن ماری در دماهای مورد آزمایش (جدول 1) قرار داده شده و پس از هم دما شدن، نمونه ها توسط ماده منعقد کننده MgCl_2 و یا CaSO_4 با مقادیرهای مورد نظر (جدول 1)، منعقد شده و توفو تهیه شد و به طور همزمان مورد پرس با وزنه حدود 2 کیلوگرم قرار گرفت [4,1,11].

روش سنجش

به منظور اندازه گیری بازدهی تولید، مقدار توفو که از هر آزمایش بدست آمده بود به طور جداگانه به دقت با ترازوی آنالیتیکال توزین گردید و به منظور ارزیابی طعم هر نمونه از مقیاس ارزیابی هدونیک 5 نقطه ای استفاده شد و 20 نفر ارزیاب معمولی به پرسشنامه آزمون با امتیاز 1 تا 5 برای طعم بسیار نامطبوع تا بسیار دلپذیر پاسخ دادند [12].

3- نتایج و بحث

جدول (3) میانگین نتایج وزنی تولید توفو با منعقد کننده های CaSO_4 و MgCl_2 را نشان می دهد. همانگونه که ملاحظه می گردد بهترین نتایج در مورد منعقد کننده CaSO_4 مربوط به آزمایش های شماره 9 و 3.6 است. در این آزمایش ها در هر سه مورد میزان

آزمایش برای هر نمونه 9 مورد می باشد که با سه تکرار به 27 مورد می رسد و در مجموع دو ماده CaSO_4 و MgCl_2 ، 56 آزمایش را در بر می گیرد.

جدول 2 آرایه مورد استفاده برای انجام آزمایش ها

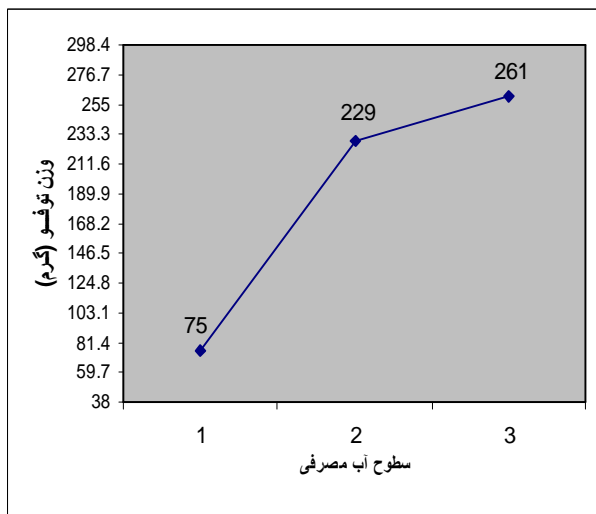
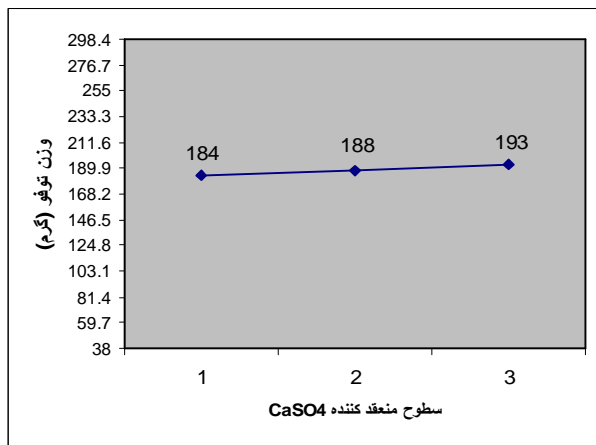
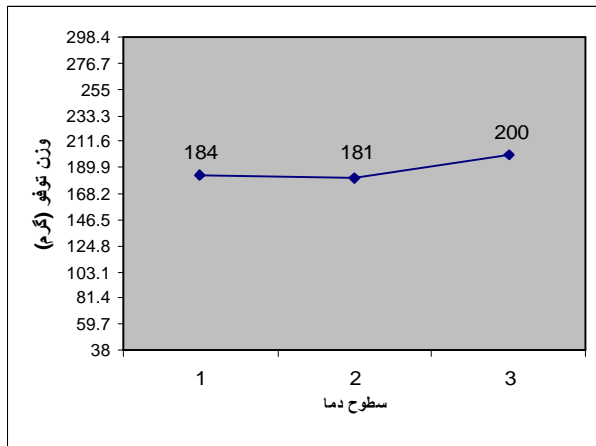
شماره آزمایش	دما	آب مصرفی	مقدار منعقد کننده
1	سطح 1*	سطح 1	سطح 1
2	سطح 1	سطح 2	سطح 2
3	سطح 1	سطح 3	سطح 3
4	سطح 2	سطح 1	سطح 2
5	سطح 2	سطح 2	سطح 3
6	سطح 2	سطح 3	سطح 1
7	سطح 3	سطح 1	سطح 3
8	سطح 3	سطح 2	سطح 1
9	سطح 3	سطح 3	سطح 2
مجموع سطوح	18	18	18

*تعداد و نوع آزمایش ها برای هر دو منعقد کننده یکسان و طبق جدول فوق بوده و مقادیرها برای هر دو منعقد کننده به صورت جداگانه در جدول (1) ذکر شده است.

انجام آزمایش

درصد آب مورد استفاده در هر آزمایش با روش مولین و همکارانش محاسبه شد [1]. به این منظور ابتدا میزان درصد پروتئین سویا محاسبه شد و سپس برای 100 گرم پروتئین سویا میزان سویای مصرفی بدست آمد و در آب خیسانده شد. پس از خیساندن سویا به مدت سه ساعت در 55 درجه سانتیگراد آب جذب شده توسط آن با توزین بدست آمد. در نهایت نسبتهای مختلف برای میزان آب مورد نیاز نسبت به پروتئین، در نظر گرفته شد و پس از کسر میزان آب جذب شده توسط سویا در هنگام خیساندن، بقیه آب به آن اضافه گردید [1,11].

(وزن خشک سویا - وزن خیس سویا) - 1800 = آب مورد نیاز برای 100 گرم پروتئین سویا



نمودار 1 نمودار اثر سه فاکتور آب، مقدار $CaSO_4$ و دما بر وزن نمونه های توفو

آب مصرفی برای سویا بالاترین مقدار را دارد (جدول 2). تحلیل داده های این بررسی نیز درصد مشارکت هر فاکتور (P percent) را در مورد سه فاکتور دما، میزان آب مصرفی و درصد $CaSO_4$ نشان می دهد (جدول 4). همانگونه که ملاحظه می گردد بیشترین میزان تاثیر و یا شرکت در آزمایش مربوط به مقدار آب اضافه شده است که این تاثیر در حدود 96/9% است. تاثیر دما در افزایش بازدهی تولید بر اساس وزن در حدود یک درصد (0/914%) و تاثیر مقدار ماده منعقد کننده نیز در حدود 0/04% دیده می شود. میزان خطای آزمایش نیز در حدود 2/12% می باشد که نشاندهنده دقت بالای آزمایش است.

جدول 3 میانگین نتایج وزنی آزمایش های تولید توفو با منعقد کننده های $CaSO_4$ و $MgCl_2$

شماره آزمایش	منعقدکننده $CaSO_4$ *	منعقد کننده $MgCl_2$
1	65,9	121,4
2	225,8	196
3	260,6	190,8
4	65,6	113,3
5	224,8	162,8
6	251,6	221,6
7	94,2	117
8	235	181
9	271,6	287

* مقدار وزنها مربوط به توفو بدست آمده از 200 گرم سویای خشک و بر حسب گرم می باشد.

نمودارهای Main effect در مورد این سه فاکتور نشان می دهد که اثر $CaSO_4$ در سطح سوم (3w/v) بهتر از دو سطح دیگر است (نمودار 1). این تاثیر در مورد مقدار آب اضافه شده نیز سطح سوم (26:1) را بهتر نشان می دهد. نمودار دما نیز در این مورد سطح سوم دما (84°C) را بهترین سطح دما نشان می دهد (نمودار 1).

جدول 4 آنالیز واریانس بر اساس شاخص وزن با منعقد کننده CaSO_4 و MgCl_2

منعقد کننده MgCl_2			منعقد کننده CaSO_4			نوع فاکتور
درصد مشارکت	مجموع مربعات	درجه آزادی	درصد مشارکت	مجموع مربعات	درجه آزادی	
5	4533,1	2	0,914	1972,7	2	دما
75,5	60605,6	2	96,922	177660,5	2	درصد آب مصرفی
9,3	7955,5	2	0,04	373,4	2	در صد ماده منعقد کننده
10,3			2,1			در صدخطا

جدول 6 آنالیز واریانس بر اساس شاخص طعم با منعقد کننده های CaSO_4 و MgCl_2

منعقد کننده MgCl_2			منعقد کننده CaSO_4			نوع فاکتور
درصد مشارکت	مجموع مربعات	درجه آزادی	درصد مشارکت	مجموع مربعات	درجه آزادی	
24,5	1,191	2	21,8	0,617	2	دما
49	1,468	2	39,03	0,796	2	درصد آب مصرفی
10	0,198	2	18,8	0,295	2	در صد ماده منعقد کننده
16,5			20,3			در صدخطا

نتایج بدست آمده از بررسی طعم هر نمونه با منعقد کننده CaSO_4 در جدول (5) نشان داده شده است. همانگونه که ملاحظه می گردد میانگین همه نتایج از امتیاز 5 در دامنه امتیازی 3-2 خلاصه می گردد. در این آزمایش بهترین نتیجه مربوط به آزمایش شماره 8 و 1 می باشد. در هر صورت بررسی جدول تحلیل داده ها میزان تاثیرگذاری فاکتور آب مصرفی را نسبت به بقیه فاکتورها بیشتر نشان می دهد (حدود 39%) (جدول 6). این موضوع نشان می دهد میزان آب مصرفی در تولید شیر سویا از

شرایط بهینه طراحی شده توسط نرم افزار نشان می دهد که بهترین شرایط تولید توفو با CaSO_4 بر اساس میزان بازدهی وزنی، قراردادن هر سه فاکتور مورد بهینه سازی در سطح سوم است که نرم افزار در این شرایط مقدار 278/1 گرم بازدهی را پیش بینی نموده است. به هر حال چون تنها فاکتور مهم در بررسی و انتخاب شرایط بهینه، وزن نمونه ها نیست علاوه بر شاخص وزن از شاخص طعم نیز در این زمینه استفاده شد.

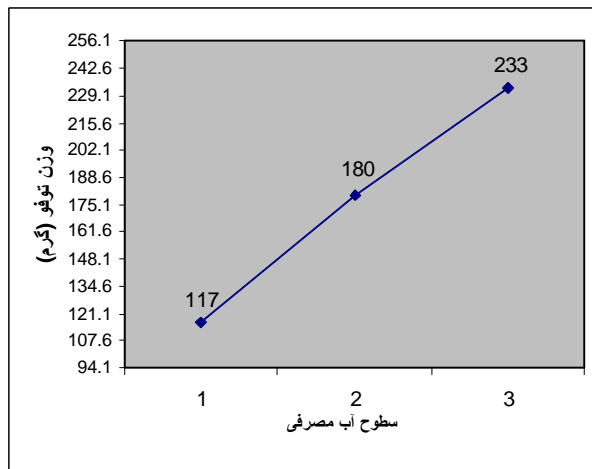
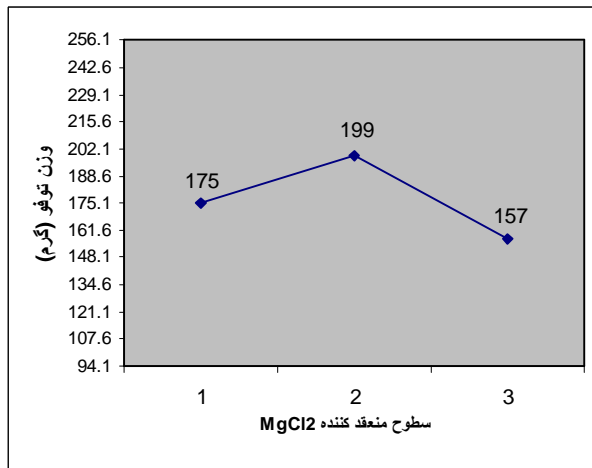
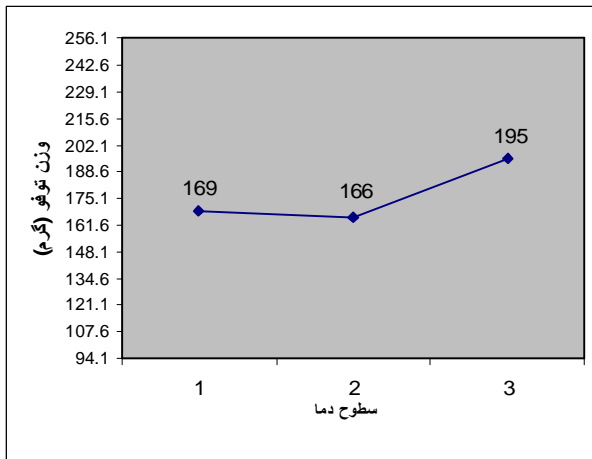
توجه و مناسب می باشد و در صورت مقایسه بازدهی تولید توفو با استفاده از منعقد کننده CaSO_4 می بینیم بیشترین مقدار تولید توفو با استفاده از منعقد کننده CaSO_4 ، 271 گرم است که به ازای هر کیلوگرم سویا 1/35 کیلوگرم توفو خواهد بود. بنابراین در صورتیکه وزن بعنوان تنها شاخص تولید توفو در نظر گرفته شود به راحتی می توان نتیجه گرفت که منعقد کننده MgCl_2 - قابلیت بازدهی بیشتری دارد. همانگونه که در نمودارهای (2) نیز مشاهده می گردد بیشترین تاثیر در بازدهی تولید وزنی با منعقد کننده MgCl_2 مربوط به مقدار آب مصرف شده در تولید شیر سویا است و پس از آن بیشترین تاثیر مربوط به مقدار ماده منعقد کننده می باشد و کمترین سهم مربوط به دمای واکنش است. مقایسه این نتایج با نتایج تولید توفو با منعقد کننده CaSO_4 نشان می دهد بیشترین تاثیر مربوط به مقدار آب مصرفی برای تولید شیر سویاست و کمترین تاثیر مربوط به ماده منعقد کننده است. بنابراین در اینجا نیز اثر آب مصرفی نسبت به فاکتورهای دیگر بیشتر است. مشاهدات عملی نیز نشان می داد که توفوی تولید شده با آب در سطح سوم از ظاهر بهتری برخوردار بود. جدول شماره (4) نشاندهنده مقدار سهم مشارکت هر فاکتور در تولید توفو است. بررسی شرایط بهینه نیز بهترین شرایط بهینه از نظر وزنی با منعقد کننده MgCl_2 را برای آب مصرفی سطح سوم برای دما سطح سوم و برای ماده منعقد کننده سطح دوم نشان می دهد و پیش بینی شده است در صورت ایجاد شرایط فوق میزان بازدهی به حدود 273 گرم به ازای 200 گرم سویا برسد. نکته قابل توجه این است که شرایط بهینه پیشنهاد شده توسط نرم افزار در مورد منعقد کننده MgCl_2 مقدار تولید کمتری نسبت به شرایط تولید آزمایش شماره 9 دارد. این موضوع در روش آماری تاگوچی دلیل اینکه کاملاً یک روش ریاضی است منطقی به نظر می رسد و در کتاب تاگوچی نیز به صراحت به آن اشاره شده است و جوابهای شرایط بهینه را بین 15% بیشتر و یا کمتر از بیشترین مقدار بدست آمده در آزمایش

اهمیت خاصی برخوردار است و نه تنها موجب افزایش بازدهی تولید می گردد بلکه به خوبی در طعم محصول تولید شده نیز تاثیر می گذارد. به هر حال شرایط بهینه تولید با شاخص طعم توسط منعقد کننده CaSO_4 نشاندهنده سطح سه در مورد دما و سطح یک در مورد میزان آب اضافه شده در تولید شیر سویا و سطح یک در مقدار مصرف ماده منعقد کننده CaSO_4 است. بدین ترتیب شرایط بهینه تولید از نظر بازدهی تولید با شرایط بهینه تولید از نظر طعم محصول تفاوتهای چشمگیری دارد. نمودارهای (3) نیز به خوبی نشاندهنده بالاتر بودن اثر فاکتور دما در سطح سه و دو فاکتور دیگر در سطح یک بر روی طعم نمونه ها می باشد.

جدول 5 میانگین نتایج ارزیابی طعم توفو با منعقد کننده

های CaSO_4 و MgCl_2		
شماره آزمایش	منعقدکننده CaSO_4	منعقد کننده MgCl_2
1	2,7	2,4
2	2,3	2,6
3	2,2	3,3
4	2,3	3,3
5	2,4	3,7
6	2,1	2,7
7	2,7	2,4
8	2,9	3,4
9	2,3	3,2

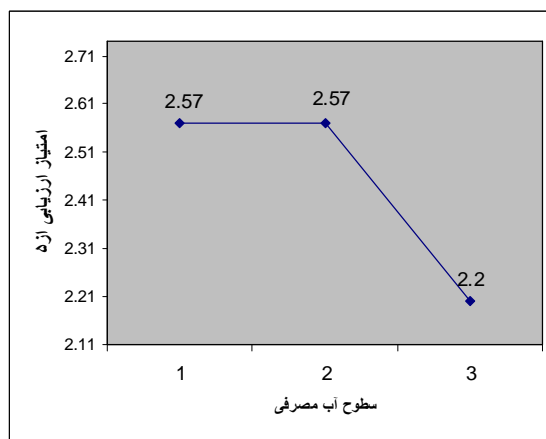
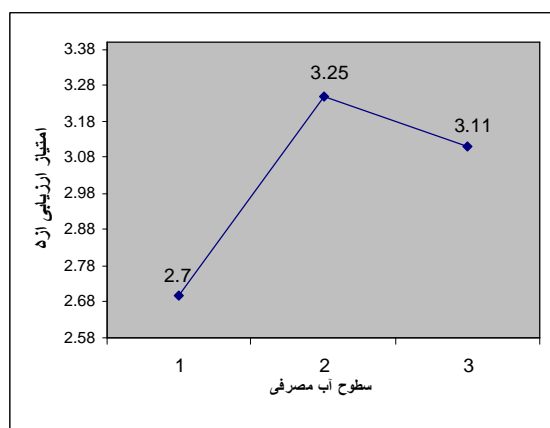
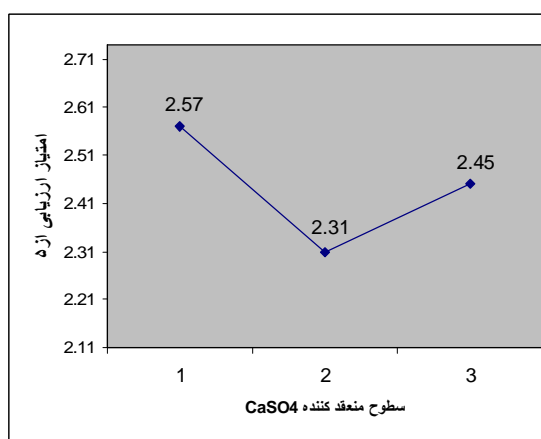
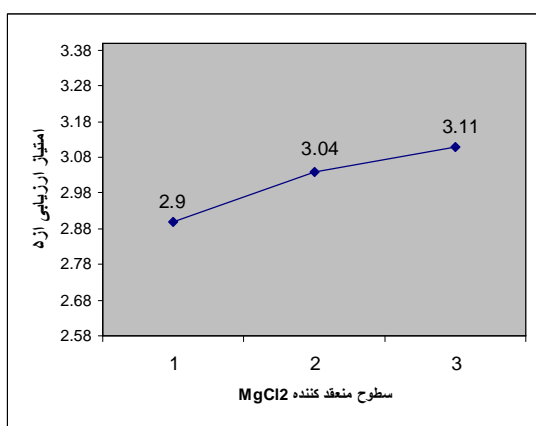
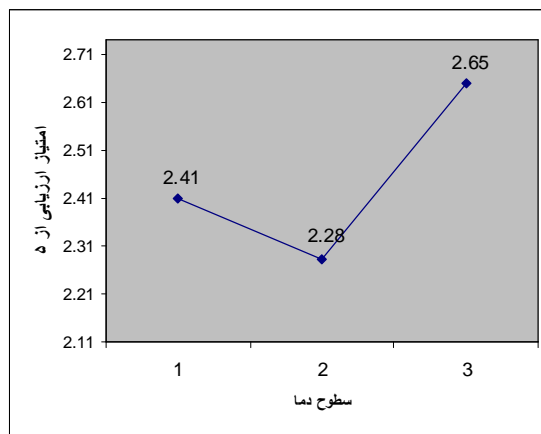
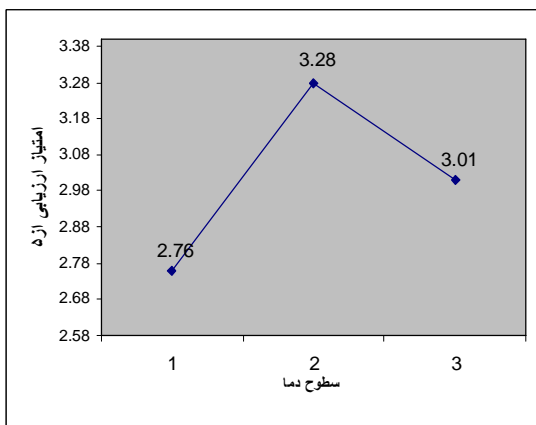
همانگونه که در جدول شماره (3 و 4) مشاهده می گردد تولید توفو توسط منعقد کننده MgCl_2 در بهترین شرایط از نظر وزنی بطور متوسط 287 گرم می باشد و بعد از آن در رتبه های بعدی بازدهی حدود 221 و 190 گرم قرار دارد که برای 200 گرم سویای خشک به دست آمده است. بهترین بازدهی بدست آمده را اگر نسبت به مقدار سویای مصرفی که 200 گرم می باشد بررسی کنیم می بینیم که مقدار تولید توفو به ازای هر کیلوگرم سویا 1/43 کیلوگرم توفو است. بنابراین مقدار بازدهی نسبتاً قابل



نمودار 2 نمودار اثر سه فاکتور آب، مقدار $MgCl_2$ و دما بر وزن نمونه های توفو

ها صحیح دانسته است [10]. در هر صورت نرم افزار میزان تولید با منعقد کننده $CaSO_4$ در شرایط بهینه را 278 گرم به ازای 200 گرم سویا ذکر نموده است که با شرایط بهینه تولید منعقد کننده $MgCl_2$ که حدود 273 گرم است تفاوت زیادی ندارد. به هر حال انتخاب منعقد کننده مناسب منوط به مناسب بودن نتایج ارزیابی تولید با استفاده از طعم خواهد بود.

با ارزیابی میانگین نتایج با منعقد کننده $MgCl_2$ بر اساس طعم در جدول شماره (5 و 6) مشاهده می گردد. که امتیاز کسب شده از 5 در بهترین شرایط 3/7 می باشد. هم چنین ارزیابی حسی توفوی تولید شده توسط منعقد کننده $CaSO_4$ نشان می دهد که بهترین امتیاز کسب شده از 5 در حدود 2/95 است که مربوط به آزمایش شماره 8 است. بنابراین به روشنی مشخص است منعقد کننده $MgCl_2$ از نظر طعم قابلیت پذیرش بهتری ایجاد نموده است. با توجه به ارزیابی بازدهی تولید در بهترین شرایط و میزان وزن تولید توفو در نمونه $MgCl_2$ بهترین شرایط تولید را می توان برای نمونه شماره 5 و شماره 8 در نظر گرفت. به هر حال بازدهی تولید بر اساس شرایط بهینه از نظر طعم در منعقد کننده $MgCl_2$ کمی پائین تر از شرایط بهینه تولید از نظر وزنی در منعقد کننده $CaSO_4$ و $MgCl_2$ می باشد (حدود 162 گرم). بنابراین در صورت در نظر گرفتن طعم به عنوان شاخص اصلی می توان شرایط بهینه تولید را شرایط آزمایش شماره 5 از منعقد کننده $MgCl_2$ در نظر گرفت. شرایط پیشنهادی نرم افزار نیز آزمایش شماره 5 را پیشنهاد نمود.



نمودار 4 نمودار اثر سه فاکتور آب ، مقدار $MgCl_2$ و دما بر طعم نمونه های توفو

نمودار 3 نمودار اثر سه فاکتور آب ، مقدار $CaSO_4$ و دما بر طعم نمونه های توفو

- Raymond, D.(2001) An intralaboratory test of a procedure of assess soy bean quality for soy milk and tofu production. Food Research International. 34:669-677.
- [2] Alwash, A.H. & Jumah, A.N. (1983) SCP and soybean as Protein Supplement. World Review of Animal Production. 19(3),67-70.
- [3] Bachmann, H.P. (2001) Cheese analogues: a review. International Dairy Journal. 11:505-515.
- [4] Wu, J. (2001) Tofu as a Tissue-Mimicking material ultrasound in Med & Biol. 27(9):1297-1300.
- [5] Cai, T.D., Chang, K.C., Shih, M.C. & Ji, M. (1997) Comparison of bench and Production Scale Methodes for making soy milk and tofu from 13 soybean Varieties. Food Research International. 30:659-668.
- [6] Al Mahfuz A, Tsukamoto C, Kudou S, et al. (2004) Changes of astringent sensation of soy milk during tofu curd formation. Journal of Agricultural and Food Chemistry Volume: 52 Issue: 23 Pages: 7070-7074
- [7] Genta, H.D., Genta, M.L., Alvarez, N.V & Santana, M.S. (2002) Production and acceptance of a soy Candy. Journal of Food Engineering 53:199-202.
- [8] Poysa, V, Woodrow, L, & Yu, K. (2006) Effect of soy protein subunit composition on tofu quality. Food Research International, Volume:39 Issue: 3 Pages: 309-317
- [9] Ranjit, K.R. (2001) Design of experiments using the taguchi approach. John Wiley & Sons, INC. ISBN:0_471_36101_1.
- [10] Taguchi, G., Chowadhury S. and Taguchi, S., (2000) "Robust Engineering". McGraw-Hill. Pp.1-200.
- [11] Cai, T.D. & Chang, K.C. (1998) Characteristics of Production-Scale tofu as affected by soymilk coagulation method: Propeller blade size, Mixing time and coagulant concentration. Food Research International. 31(4),289-295.
- [12] Meilgard, M., Cirille G., Carr. B. (1999) Sensory evaluation techniques. CRC Press. 3 rd edition, pp:2-10
- [13] Yasir SBM, Sutton KH, Newberry MP, et al. (2007) The impact of Maillard cross-linking on soy proteins and tofu texture. Food Chemistry Volume:104 Issue: 4 Pages: 1502-1508

بررسی نمودارهای شماره (4) در مورد تاثیر هر فاکتور بر روی طعم نمونه با منعقد کننده $MgCl_2$ نشان می دهد بیشترین تاثیر مربوط به آب مصرفی برای تولید شیر سویا است و پس از آن بیشترین تاثیر را دمای آزمایش دارد و کمترین اثر مربوط به مقدار ماده منعقد کننده است. به هر حال شرایط بهینه تولید توفو با مناسبترین طعم نشان می دهد استفاده از دما در سطح دوم ($70^\circ C$)، مقدار آب مصرفی در سطح دوم (22:1) و مقدار ماده منعقد کننده در سطح سوم (2%) بهترین شرایط است. باید توجه داشت چون ارزیابی حسی توسط افراد صورت پذیرفته است بدیهیست که شرایط ارزیابی می تواند از خطای انسانی بیشتری برخوردار باشد که این موضوع در نتایج مشاهده می گردد.

مراجعه به گزارشهای مختلف در زمینه تولید توفو نشان می دهد به طور مستقیم بهینه سازی تولید توفو از نظر بازدهی تولید چندان مورد توجه قرار نگرفته است و بیشتر به کیفیت توفوی تولید شده از نظر خواص کشسانی، وزن مخصوص و موارد دیگر معطوف گردیده است (6, 13, 11, 3). در حالیکه شرایط تولید به خوبی بر روی بازدهی تولید و طعم موثر است. این موضوع بویژه در کشورهایی مانند ایران که محصولات سویا در آنها شناخته شده نبوده و توسط ذائقه مردم نیز چندان مورد پذیرش نیست از اهمیت خاصی برخوردار می باشد. به طور کلی این بررسی نشان داد طعم توفو بدون افزودن ترکیبات طعم دهنده از مقبولیت متوسط برخوردار است و در صورت بهینه سازی طعم محصول با ترکیبات افزودنی می توان به نتایج قابل قبولی دست یافت. اما به هر حال شرایط بهینه طعم با شرایط بهینه تولید از نظر وزن متفاوت است و لازم است تا بررسی های بیشتری هم در زمینه بهینه سازی طعم توفو با طعم دهنده های مختلف صورت گیرد و هم اینکه راههایی برای افزایش بازدهی تولید وزنی در شرایط بهینه طعم جستجو گردد.

هزینه این تحقیق بر اساس قرارداد شماره 310/827/1196 به تاریخ 86/3/9 توسط سازمان گسترش و نوسازی صنایع ایران تامین گردیده است و بدینوسیله از همکاری صمیمانه مسئولین محترم سازمان تقدیر می گردد.

5- منابع

- [1] Mullin, W.J., Fregeau-Reid, J.A., Bulter, M., Woodrow, L., Jessop, D.B. &