



استفاده از تکنیک طراحی آزمایش‌ها جهت بهبود کیفیت کیک اسفنجی: مطالعه

موردی

عباس شکفته¹، امیر زرین چنگ²

¹ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع (گرایش مدیریت پروژه)، موسسه آموزش عالی زند، شیراز، ایران، Abbas.Shekofte@gmail.com

² عضو هیئت علمی گروه مهندسی صنایع، موسسه آموزش عالی زند، شیراز، ایران، Zarinchang@zand.ac.ir

چکیده

تطبيق کیفیت محصولات صنایع غذایی با ذائقه مشتریان، به مسأله‌ای چالش آفرین برای جلب بیشتر سهم بازار در دنیای رقابتی امروز تبدیل شده است. روش طراحی آزمایش‌ها به عنوان یکی از روش‌های بهبود کیفیتی نوین، با انجام طرح‌های آزمایشی، مهمترین عوامل مؤثر بر کیفیت محصول را شناسایی و سطوح بهینه آنها را تنظیم می‌کند. در این مقاله در قالب مطالعه موردی ابتدا دو عامل مؤثر بر کیفیت کیک اسفنجی با استفاده از نظرات خیرگان و نمودار استخوان ماهی شناسایی گردید، سپس با استفاده از طرح دو عاملی -بدون حضور عامل بلوکی- آزمایش‌ها انجام شد. در این راستا عامل تخم مرغ و شکر هر کدام در دو سطح متفاوت مورد آزمایش قرار گرفت و پس از تجزیه و تحلیل نتایج مشخص شد که متغیر پاسخ در سطح بالای تخم مرغ و در سطح پایین شکر در بهترین حالت و با بالاترین نمره قرار داشت. همچنین تحلیل نمودار اثرات متقابل، بیانگر عدم تأثیر متقابل عوامل مورد بررسی بود. روش و نتایج حاصل از این پژوهش می‌تواند به عنوان یک راهنما و تجربه در واحدهای تحقیق و توسعه صنایع غذایی کشور بکار گرفته شود و نقشی مؤثر در پاسخ به نیازهای مشتریان این حوزه و نهایتاً ارتقای کیفیت صنایع غذایی کشور داشته باشد.

واژگان کلیدی

بهبود کیفیت، صنایع غذایی، طراحی آزمایش‌ها، طرح‌های عاملی، آثار اصلی و متقابل، کیک اسفنجی



Using design of experiments technique to improve the quality of sponge cake: A case study

Abbas Shekofte¹, Amir Zarinchang²

¹MSc Student of Industrial Engineering (Project management), Zand Institute of Higher Education, Shiraz, Iran, Abbas.Shekofte@gmail.com

²Faculty Member of Industrial Engineering, Zand Institute of Higher Education, Shiraz, Iran, Zarinchang@zand.ac.ir

Abstract

Today, matching the quality of food products with taste of customers is a challenging issue to attract more market share in the competitive world. Design of experiments method as a modern method of improving the quality with carrying out the experiment, determine the most important factors affecting product quality and adjust them to the optimum level. In this paper as a case study, at first two factors affecting the quality of sponge cake were identified using experts' points of views and fishbone diagram, and then experiments were conducted using two-factorial design, without the presence of blocking factor. In this regard, egg and sugar were tested at two different levels separately, and after analyzing the results indicated that the response variables was at the top of the egg and the low level of sugar in the best and the highest score. In addition, chart analysis interactions showed no interaction in studied variables. The method and results of this study can be used as a guide and experience in research and development units of national food industries, and play an effective role in responding to the needs of customers in this area and ultimately improve the quality of the food industries.

Keywords

Quality Improvement, Food Processing, Design of Experiments, Factorial Designs, Main and Interaction Effects, Sponge Cake

1- مقدمه

تکنولوژی امروزی گواهی بر میل پایدار و بی‌وقفه‌ی انسان در فراهم آوردن سطح بالایی از کیفیت در محصولات و خدمات، برای افزایش سهم فروش و سود است. کیفیت در بعضی مواقع به عنوان مهم‌ترین عامل در فرآیند تولید مطرح می‌شود (لکزایی، 1392). کیفیت یعنی شایستگی جهت استفاده بخصوص و میزانی است که یک محصول انتظارات مصرف‌کننده خود را برآورده می‌سازد (نقندریان، 1390). طراحی محصول و ارائه خدماتی مطابق با خواسته‌های مشتری مستلزم کار گروهی و تلاش همه جانبه از سوی مدیریت و کارشناسان واحدهای مختلف سازمان می‌باشد و این امر با توجه به انتظارات مشتریان نیازمند به‌کارگیری ابزارهای مناسب تخصصی می‌باشد تا بتواند انتظارات عمومی را به زبان تخصصی قابل سنجش و کنترل بیان کند (اسماعیل‌زاده، رئیسی، 1391).

امروزه مقوله کیفیت، به یکی از اهرم‌های کلیدی تولید تبدیل شده و توانسته با به‌کارگیری نمونه‌گیری جهت پذیرش، تکنیک‌های کنترل کیفیت آماری فرآیند (Statistical Process Control) و طراحی آزمایش‌ها (Design of Experiments)، مزیتی رقابتی برای شرکت‌های تولیدی کسب کند (متقی، ربانی، 1386). روش طراحی آزمایش‌ها از جمله روش‌های مورد استفاده جهت شناسایی عوامل کلیدی موثر بر مشخصه کیفی مورد نظر می‌باشد. با استفاده از این روش می‌توان عوامل ورودی قابل کنترل را به طور سیستماتیک تغییر داد و اثرات آنها را بر روی مشخصه‌های کیفی محصول خروجی ارزیابی نمود (امیری، کوشا، 1392). در حقیقت طراحی آزمایش‌ها یکی از عمده‌ترین ابزارهای کنترل کیفیت قبل از تولید می‌باشد که غالباً در فعالیتهای توسعه‌ای و در مراحل اولیه تولید به‌کار می‌روند. در حالی که روش‌های کنترل فرآیند حین تولید در زمان تولید محصول استفاده می‌شود (Montgomery, 2008a).

در طول سال‌های گذشته، صنایع مختلف موفقیت‌هایی را در به‌کارگیری تکنیک طراحی آزمایش‌ها جهت بهبود عملکرد فرآیندها و کاهش تغییرپذیری داشته‌اند (Javorsky et al., 2014). بت (1992) در تحقیقات خود نشان داده شرکت‌هایی که برای بهبود محصولات، سهم بازار، سود و بازگشت سرمایه‌شان اشتیاق نشان می‌دهند از اصول مدیریت کیفیت کمک می‌گیرند و طراحی آزمایش‌ها ابزار قدرتمندی در بهبود کیفیت است. پینکرتن (1993) نشان داده که طراحی آزمایش‌ها راهی برای دستیابی کیفیت در کلاس جهانی است. کندا، راجورکار، بیشا، گوها و پارسون (1999) در تحقیقات خود نشان داده‌اند که طراحی آزمایش‌ها ابزاری کیفیتی است که در مباحثی چون کشف عوامل معنادار در فرآیند، تأثیر هر عامل بر خروجی، واریانس (پراکندگی) فرآیند، عیب‌یابی مشکلات ماشین، بررسی و نمایش پارامترها و مدل‌سازی فرآیند به کار می‌رود و بسیاری از صنایع از طراحی آزمایش‌ها برای باقی ماندن در دنیای رقابتی به وسیله طراحی محصول پایدار با قابلیت اطمینان بالا استفاده می‌کنند و اثر چندین متغیر را به صورت همزمان و همچنین ارتباطات و تعاملات بین متغیرها را بررسی می‌کنند، کاری که سایر تکنیک‌های آماری با حجم پایین مورد نیاز در طراحی آزمایش‌ها قادر به انجام آن نیستند (متقی، ربانی، 1386).

آنتنی (2001) بهبود کیفیت فرآیند ساخت و تولید از طریق طراحی آزمایش‌ها را در قالب مطالعه موردی نشان داد. وی به همراه گروهی از مهندسين واحد تضمین کیفیت (2004) در تحقیقات خود نشان داد بهبود کارایی فرآیند و همچنین کاهش هزینه‌های کیفیتی همچون ضایعات، دوباره‌کاری و سایر هزینه‌های شکست از طریق

تکنیک طراحی آزمایش‌ها قابل بررسی است. ککس و ردمن (2007) طراحی آزمایش‌ها را به عنوان یکی از ابزارهای فلسفه کیفیتی شش سیگما در مرحله بهبود از چرخه DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) معرفی کرده‌اند. در ادامه واتسن (2007) طراحی آزمایش‌ها را به عنوان راهی برای مدیریت تحول در شش سیگما ارائه داده است. چو، لیندرمن و اسکرودر (2007) نیز در تحقیقات خود از روش طراحی آزمایش‌ها برای خلق دانش در قلمرو کیفیت استفاده کرده‌اند (متقی، ربانی، 1386).

آزمایش‌هایی که به طور آماری طراحی می‌گردند می‌توانند به مقدار قابل توجهی از میزان تغییرات در مشخصات کیفی بکاهند و همچنین سطوح متغیرهای قابل کنترل را که باعث بهینه‌کردن عملکرد فرآیند می‌گردند تعیین کنند. روش طراحی آزمایش‌ها به عنوان روشی که در مراحل اولیه و طراحی، بسیاری از هزینه‌ها را کاهش می‌دهد، با بررسی همزمان آثار اصلی و متقابل متغیرهای مستقل، متغیر خروجی مشخصه کیفی را بهینه می‌کند و در نهایت متغیرهای کلیدی موثر بر مشخصه کیفی و سطوحی از آنها را که منجر به بهینه شدن فرآیند شده‌اند مشخص می‌کند، مزیتی رقابتی را برای صنایع به ارمغان آورده‌است (Montgomery, 2008a).

حالت‌های مختلفی را می‌توان برای متغیر پاسخ (خروجی فرآیند) تعریف کرد. ممکن است هدف از انجام آزمایش، رسیدن به یک مقدار اسمی مشخص (Nominal The Best) برای متغیر پاسخ باشد مثلاً دست‌بایی به یک غلظت مشخص در فرآیند تولید شیر، از دسته‌ی NTB است. اما ممکن است هدف از انجام آزمایش، دسترسی به کمترین مقدار اسمی (Smaller The Best) باشد، برای مثال وجود کمترین میزان قند در محصولات یک کارخانه تولید مواد غذایی رژیمی از این نوع است، آخرین حالت متغیر پاسخ دسترسی به بیش‌ترین مقدار اسمی (Larger The Best) است، مثلاً در فرآیند تولید نوشابه گازدار، حداکثر میزان گاز موجود در نوشابه، نشان دهنده‌ی مرغوبیت بیشتر است (بشیری، فتوحی، 1389). در واقع استفاده از طراحی آزمایش‌ها در بهبود فرآیندها می‌تواند منجر به بهبود عملکرد فرآیند، کاهش تغییرپذیری فرآیند و کاهش هزینه‌های کلی شود (Montgomery, 2008b).

با توجه به اهمیت بکارگیری طراحی آزمایش‌ها در بهبود کیفیت، این تحقیق در چارچوب مطالعه موردی در واحد تحقیقات شرکت مورد بررسی، با هدف بهبود کیفیت و افزایش سودآوری، کیفیت یکی از محصولات آن به نام کیک اسفنجی با پیاده‌سازی تکنیک طراحی آزمایش‌ها و اعمال طرح عاملی 2^2 با 5 تکرار در هر آزمایش بهبود داده شده است.

2- طراحی آزمایش‌ها

دانشمندان برای شناخت پدیده‌ها، آزمایش‌هایی را انجام می‌دهند تا حقیقتی را در مورد سیستم یا فرآیندی کشف کنند. انجام آزمایش همواره متضمن هزینه و زمان است: از این رو انجام آزمایش‌های موثر که با صرف حداقل هزینه و زمان، بتواند بیشترین اطلاعات را به دست آورد آرمان هر مهندس یا محقق است (اخوان نیایی، 1387). روش طراحی آزمایش‌ها یک ابزار قوی برای افزایش کیفیت محصول‌ها و رفع علل ایجاد زیان‌های کیفی به ویژه در مراحل قبل از تولید محصول‌ها و یا ارائه خدمات‌ها است. با توجه به اینکه در ایران در زمینه فرآیند طراحی اثر زدای تولید و چگونگی اثرهای فاکتورهای طراحی و تولید بر مشخصه‌های محصول، شناخت کافی وجود ندارد و همچنین با در نظر گرفتن نیاز بالای محصولات و خدمات به کیفیت، در ورود به میدان رقابتی، استفاده از تکنیک‌های طراحی آزمایش‌ها -

های کاربردی اهمیت بسیار زیادی دارد (مومیوند، 1390).

بنابراین طراحی آزمایش‌ها یکی از روش‌های مفیدی است که از طریق آن می‌توان متغیرهای کلیدی که بر مشخصه کیفی مورد نظر فرآیند اثر می‌گذارند را شناسایی کرد. با بکارگیری این روش می‌توان عوامل ورودی قابل کنترل را به طور سیستماتیک تغییر داد و اثر آن‌ها را بر روی پارامترهای محصول خروجی ارزیابی کرد (اخوان نیاکی، 1387). در واقع طراحی آزمایش‌ها یک روش آماری کنشی است. عبارت دیگر، یک سری آزمایش بر روی فرآیند با ایجاد تغییرات آگاهانه در ورودی‌ها و مشاهده تغییرات حاصل در خروجی‌های فرآیند انجام می‌گیرد و اطلاعات حاصل باعث می‌شود تا عملکرد فرآیند بهبود یابد (قبادی و همکاران، 1386).

2-1- مزیت‌های طراحی آزمایش‌ها

برخی از مزیت‌های طراحی آزمایش‌ها به صورت زیر است:

- تعیین متغیرهایی که بیشترین اثر را بر روی متغیر پاسخ دارند.
- تعیین مقادیر متغیرهای قابل کنترلی که بیشترین اثر را بر روی پاسخ دارند، به گونه‌ای که متغیر پاسخ به مقدار اسمی خود نزدیکتر باشد.
- تعیین مقادیر متغیرهای قابل کنترلی که بیشترین اثر را بر روی پاسخ دارند، به گونه‌ای که تغییرات در متغیر پاسخ کوچک باشد.
- تعیین مقادیر متغیرهای قابل کنترلی که بیشترین اثر را بر روی پاسخ دارند، به گونه‌ای که اثرات متغیرهای غیر قابل کنترل حداقل گردد (بایزیدی و همکاران، 1392).
- مبانی سیستماتیک تکنیک طراحی آزمایش‌ها امکان دست‌یابی به اطلاعات معتبر را در کوتاه‌ترین زمان و با صرف کمترین هزینه فراهم می‌سازد.
- دستیابی به مدل تجربی عددی به منظور ایجاد امکان پیش‌بینی عملکرد محصول با توجه به سطوح تنظیم عوامل موثر بر سیستم و مقادیر آنها، حاصل می‌گردد.
- امکان بهینه‌سازی عملکرد از طریق تنظیم عوامل موثر در سطوحی که منجر به بهترین عملکرد سیستم می‌گردند، بدست می‌آید.
- تعیین دقیق اثر تغییرات در اجزا سیستم (پارامترهای محصول، مواد و فرآیند و...)، بر روی عملکرد و ویژگی‌های مهم محصول امکان‌پذیر است.
- وجود ارتباط متقابل و چند جانبه مابین اجزا شناسایی گشته و میزان این اثر متقابل بدست می‌آید (عالم‌زاده، نورالسنا، 1380).

2-2- گام‌های اجرای طراحی آزمایش‌ها

اجرای موفقیت‌آمیز طراحی آزمایش‌ها در 8 گام زیر خلاصه می‌شود:

گام 1: بیان و یا تعریف مسأله یا مشکل

- گام 2: انتخاب عوامل و سطوح آنها
- گام 3: انتخاب متغیر یا متغیرهای پاسخ
- گام 4: انتخاب طرح آزمایش
- گام 5: اجرای آزمایش
- گام 6: تجزیه و تحلیل آماری داده‌های
- گام 7: اعتبار سنجی
- گام 8: نتیجه‌گیری و پیشنهاد

که چهار گام اول، فاز برنامه‌ریزی قبل از آزمایش است و از اهمیت ویژه‌ای در طراحی آزمایش‌ها برخوردار است (Farooq et all, 2016).

3- روش تحقیق

پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی است، همچنین جهت جمع‌آوری مبانی نظری و پیشینه پژوهش از مطالعات کتابخانه‌ای استفاده گردیده است. روش جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها در این پژوهش به این صورت بود که در هر بار آزمایش، 10 نفر خبره در این زمینه، کیک تولید شده را تست کردند و به آن نمره‌ای بین 1 تا 10 دادند سپس نمرات داده شده جمع گردید و در پایان نمراتی که از هر یک از آزمایشات به دست آمده بود در نرم‌افزار Minitab16 مورد تحلیل قرار گرفت.

4- یافته‌های پژوهش

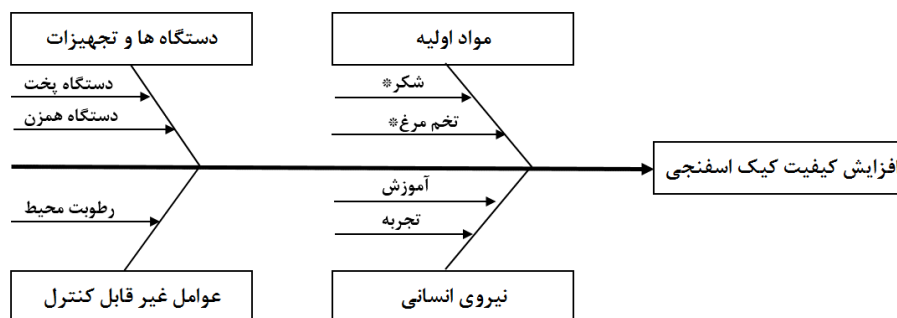
یافته‌های این پژوهش بر اساس گام‌های اجرای طراحی آزمایش‌ها به شرح زیر است:

گام اول: بیان و یا تعریف مسأله

از آنجایی که کیک اسفنجی بیشترین سهم را در میان تولیدات شرکت مورد بررسی داشت و همچنین بیشترین فروش را به خود اختصاص داده بود، در این پژوهش کیفیت این گروه از محصولات به عنوان جامعه آماری مورد بررسی قرار گرفت.

گام دوم: انتخاب عوامل و سطوح آنها

خواص یک محصول متأثر از چند عامل است که در این بین مواد اولیه و فرآیند تولید از مهم‌ترین عوامل هستند. کیک نیز از مواد اولیه‌ای همچون شکر، تخم مرغ، آرد، روغن و یکسری افزودنی‌ها و مواد دیگر درست می‌شود. در این مرحله با استفاده از طوفان فکری عوامل بهبود دهنده در حیطه مواد اولیه شناسایی شد، و مطابق شکل (1) در نمودار استخوان ماهی ترسیم گردیدند و پس از آن خبرگان با توجه به محدودیت‌ها و شرایط تولید، عوامل قابل کنترل و حداکثر و حداقل سطوح قابل تنظیم را مطابق جدول (1) در نظر گرفته شد.



شکل (1): تعیین عوامل انتخابی در نمودار استخوان ماهی

جدول (1): عوامل مورد آزمایش و سطوح آنها

عامل	سطح بالا(+)	سطح پایین(-)
تخم مرغ	6	4
شکر	0/5	1

گام سوم: انتخاب متغیر یا متغیرهای پاسخ
 طعم کیک یکی از متغیرهای پاسخ مهم در زمینه کیفیت کیک است لذا طعم کیک به عنوان متغیر پاسخ انتخاب شد تا آثار اصلی و متقابل عوامل مورد بررسی روی آن بررسی گردد.

گام چهارم: انتخاب طرح آزمایش
 همانطور که در گام دوم مشخص شد، این طرح دارای 2 عامل است، و به منظور تست عوامل در حداقل مقدار ممکن سطوح عوامل 2 انتخاب شده و به منظور کاهش خطا 5 تکرار برای هر آزمایش در نظر گرفته شده است لذا طرح آزمایشی به صورت 2^2 با 5 تکرار، یعنی 20 اجرا است. طبق اصول پایه‌ای طراحی آزمایش‌ها، ترتیب انجام آزمایش باید به صورت تصادفی باشد، در جدول (2) ترتیب تصادفی 20 اجرا نشان داده شده که علائم (+) و (-) سطوح بالا و پایین عوامل را مشخص کرده‌اند در ضمن جهت همگنی فضای آزمایش از طرح کاملاً تصادفی استفاده می‌شود و به منظور کنترل عوامل دخالت کننده، نیازی به اجرای طرح‌های بلوک‌بندی شده نیست.

جدول (2): ترتیب تصادفی اعمال شده برای اجرای آزمایش‌ها

شماره آزمایش	ترتیب تصادفی	egg	sugar
1	14	1	-1
2	11	-1	1
3	2	1	-1
4	18	1	-1
5	9	-1	-1
6	20	1	1
7	19	-1	1
8	4	1	1
9	6	1	-1
10	10	1	-1

11	16	1	1
12	7	-1	1
13	1	-1	-1
14	3	-1	1
15	5	-1	-1
16	13	-1	-1
17	8	1	1
18	12	1	1
19	17	-1	-1
20	15	-1	1

گام پنجم: اجرای آزمایش

در این مرحله با کنترل و دقت زیاد، مطابق با فرآیند تولید و سطوح ترکیبات مشخص شده در جدول (گام قبل)، 20 نمونه تهیه شد و در نهایت متغیر پاسخ مورد نظر جهت کیفیت کیک اندازه‌گیری شد که نتایج آن به شرح جدول (3) می‌باشد.

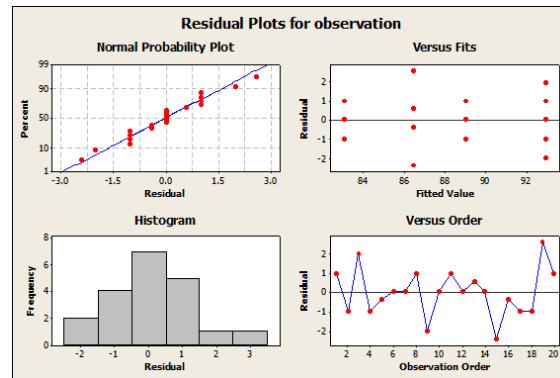
جدول (3): نتایج متغیر پاسخ

شماره آزمایش	ترتیب تصادفی	Observation
1	14	94
2	11	82
3	2	95
4	18	92
5	9	86
6	20	89
7	19	83
8	4	90
9	6	91
10	10	93
11	16	90
12	7	83
13	1	87
14	3	83
15	5	84
16	13	86
17	8	88
18	12	88
19	17	89
20	15	84

گام ششم و هفتم: تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها و اعتبار سنجی

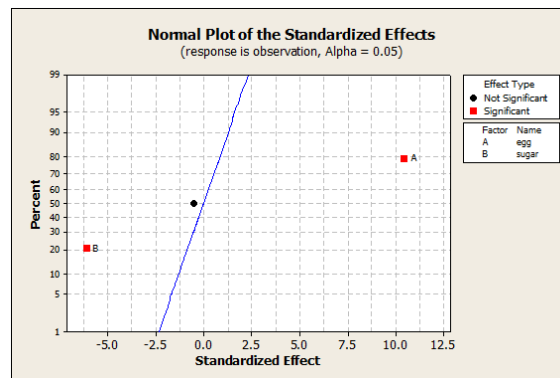
در این مرحله به منظور تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار Minitab16 استفاده شده است. با توجه به شکل (2) فرض نرمال

بودن مقادیر باقیمانده، استقلال این مقادیر نسبت به زمان و فرض برابری واریانس بین سطوح مختلف برقرار است و از آنجایی که صحت مدل نیز برقرار است بنابراین کفایت مدل برقرار است. و بیانگر این است که آزمایش طراحی شده یک آزمایش مناسب است.



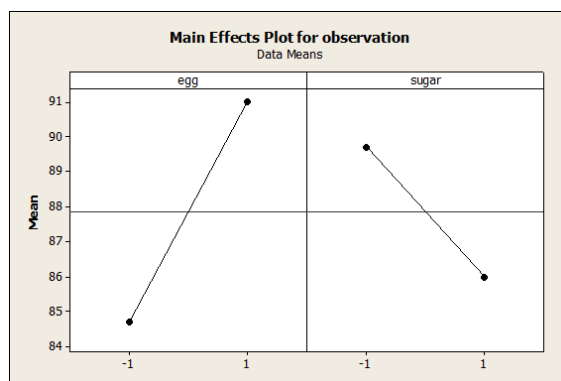
شکل (2) : نمودارهای آزمون کفایت مدل

با توجه به شکل (3) به تأثیر هر یک از عامل‌های انتخاب شده بر متغیر پاسخ و بی تأثیر بودن اثرات متقابل آنها بر متغیر پاسخ پی می‌بریم.



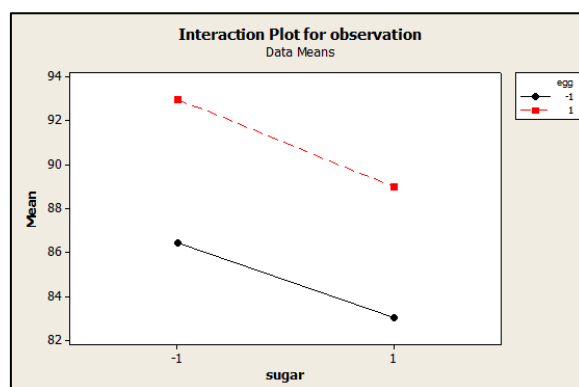
شکل (3) : نمودار احتمال نرمال اثرات

با توجه به شکل (4) ، بیشترین مقدار متغیر پاسخ برای عامل تخم مرغ در سطح بالای آن حاصل می‌شود این در حالی است که برای عامل شکر، بیشترین مقدار متغیر پاسخ در سطح پایین آن حاصل می‌گردد.



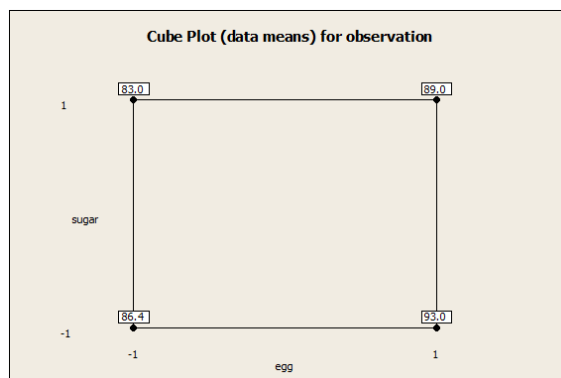
شکل (4) : نمودار اثرات اصلی

همچنین با توجه به موازی بودن خطوط نمودار اثرات متقابل در شکل (5) می‌توان نتیجه گرفت که اثر متقابل دو عامل مورد آزمایش بر کیفیت کیک بی تأثیر بوده است.



شکل (5) : نمودار اثرات متقابل

همچنین با توجه به شکل (6) بهترین حالت برای متغیر پاسخ در سطح بالای عامل تخم مرغ و سطح پایین عامل شکر با نمره 93 می‌باشد و بدترین حالت متغیر پاسخ در سطح پایین تخم مرغ و سطح بالای شکر با نمره 83 می‌باشد.



شکل (6) : نمودار مکعبی

و در پایان فرمول (1) به عنوان معادله رگرسیونی است که با توجه به اثرات اصلی و متقابل عوامل بر متغیر پاسخ به دست می‌آید، که از آن می‌توان جهت پیش‌بینی متغیر پاسخ با در نظر گرفتن سطوح عوامل کمک گرفت. که در این فرمول Observation، همانطور که قبلاً در جدول (3) اشاره شد متغیر پاسخ ما می‌باشد و egg، sugar عوامل مورد بررسی با توجه به جدول (1) می‌باشند.

(1)	$Observation = 87.850 + 3.150egg - 1.850sugar - 0.15egg*sugar$
-----	--

5- نتیجه

در بخش قبل، هفت گام از پیاده‌سازی طراحی آزمایش‌ها مورد بحث قرار گرفت در این بخش به گام هشتم یعنی نتیجه‌گیری و پیشنهادات پرداخته می‌شود. با توجه به اینکه کیک اسفنجی بیشترین سهم تولید و فروش را در شرکت مورد نظر دارد، این محصول جهت انجام آزمایش انتخاب شد و پس از تعیین عوامل مورد بررسی و سطوح مورد آزمایش آنها توسط خبرگان و تصادفی‌سازی آزمایش‌ها، آزمایش طراحی شده اجرا شد، که با توجه به نتایج به دست آمده وجود تأثیر دو عامل مورد بررسی بر متغیر پاسخ و عدم تأثیر متقابل این دو عامل بر کیفیت محصول تولید شده را شاهد هستیم، همچنین با کیفیت‌ترین محصول تولید شده با توجه به متغیر پاسخ مورد بررسی در سطح بالای عامل تخم مرغ و سطح پایین عامل شکر با نمره 93 تولید شد، پس از بکارگیری نتایج آزمایش در تولید محصول، شاهد افزایش فروش محصول مورد بررسی در شرکت مورد نظر بودیم، لذا موفقیت این آزمایش را می‌توان مشاهده کرد. بنابراین پیشنهاد می‌گردد با بررسی عوامل دیگری که از نظر خبرگان در کیفیت این محصول تأثیر دارند و همچنین بررسی آثار متقابل آنها، جهت تولید هر چه با کیفیت‌تر این محصول آزمایش‌های دیگری نیز انجام شود. همچنین پیشنهاد می‌شود تأمین‌کنندگان مواد اولیه شرکت‌ها و سایر صنایع غذایی با بکارگیری تکنیک طراحی آزمایش‌ها، بر کیفیت محصولات و همچنین سهم بازار خود بیفزایند.

6- مراجع

- نقندریان، کاظم (1390). کنترل کیفیت آماری. ویرایش دوم. تهران: انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران.
- امیری، امیرحسین و کوشا، مهدی (1392). کنترل کیفیت آماری. ویرایش سوم. تهران: انتشارات نگاه دانش.
- بشیری، مهدی و فتوحی، فاطمه (1389). طراحی و تحلیل آزمایش‌ها با تاکید بر دو نرم‌افزار MINITAB و DESIGN EXPERT. چاپ اول. تهران: انتشارات دانشگاه شاهد.
- بایزیدی، ابراهیم؛ اولادی، بهنام؛ عباسی، نرگس و آفریدون، خسرو (1391). تحلیل آماری با Minitab 16. چاپ اول. تهران: انتشارات عابد.
- لکزایی، علی، صلاحی احمدآبادی، یاسر، اصلی، مریم (1392). استفاده از تکنیک طراحی آزمایش‌ها در صنعت کاشی. همایش ملی مهندسی عمران کاربردی و دستاوردهای نوین، کرج.
- اسماعیل‌زاده، نیما، رئیسی، صدیق (1391). تحلیلی بر روش‌های کمی در طرح‌ریزی و بهبود کیفیت محصولات. سومین همایش ملی مهندسی صنایع و سیستم، تهران.
- متقی، هایده، ربانی، مژده (1386). چگونگی بهبود کیفیت محصول با استفاده از تکنیک طراحی آزمایش‌ها (DOE)، (مطالعه موردی بر روی آجر MgO-C در شرکت فرآورده‌های نسوز پارس). فصلنامه مدرس علوم انسانی، دوره 11، صفحه 161-179، تهران.
- اخوان نیایی، سید تقی (1387). کاربرد طراحی آزمایش‌ها در رویکرد شش سیگما- مطالعه موردی. ششمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی صنایع، تهران.
- مومیوند، علیرضا، شاهین، آرش، نوارچیان، امیرحسین (1390). مقایسه طراحی آزمایش‌ها به روش‌های تاگوچی و سنتی و شاینین با یکدیگر: یک مطالعه موردی. نشریه مهندسی صنایع، دوره 45، صفحه 209-220، تهران.
- قبادی، شهرام، نورالسنا، رسول، شیرازی، بابک (1386). طراحی و تحلیل آزمایش‌ها در محیط فازی. پنجمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی صنایع، تهران.
- عالم‌زاده، عبدالحسین، نورالسنا، رسول (1380). کاربرد طراحی آزمایش‌ها در مهندسی ارزش. اولین کنفرانس ملی مهندسی ارزش، تهران.
- Montgomery, D. C. (2008a). Introduction to Statistical Quality Control. Wiley Publishing, 6th edition.
- Montgomery, D. C. (2008b). Design and Analysis of Experiments. Wiley Publishing, 7th edition.
- Javorsky, J., & Franchetti, M., & Zhan, H. (2014). Determining the optimal parameters of bonding polyvinylchloride to stainless steel in automotive applications with the use of full factorial design of experiment. CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, Vol. 7, No. 2, p151-158.
- Farooq, M. A., & Nóvoa, H., & Araújo, A., & Tavares, S. M.O. (2016). An innovative approach for planning and execution of pre-experimental runs for Design of Experiments. European Research on Management and Business Economics Journal, Vol. 22, No. 3, p155-16.