**تطبيق منهجية تصميم التجارب في تحسين جودة الكيك المُصنّع**

**د. محمد إسماعيل نيوف**

كلية الهندسة الزراعية- قسم علوم الأغذية- جامعة حماة

dr.nayouf@gmail.com موبايل: 0934589578

الملخّص

يهدف هذا البحث إلى تحسين جودة الكيك من النوع الاسفنجي (Sponge Cake) المصنّع بالطريقة المتقطعة في أفران دوارة، إذ حددت الخصائص المراد تحسينها في الكيك المصنع وتمثلت بالرطوبة وفعالية الماء والمظهر ودرجة الخبيز. تم تقييم خاصيتي المظهر ودرجة الخبيز من قبل المتذوقين، وقيست الرطوبة وفعالية الماء بالطرائق الموضوعية المناسبة.

وضعت لهذا الغرض خطة تجارب باستخدام طريقة تصميم التجارب العاملية الكاملة بأربعة عوامل ومستويين، عن طريق استخدام البرنامج الاحصائي Statgraphic plus. شملت العوامل كل من كمية السكر وكمية الدقيق ودرجة حرارة الخبيز اضافة لزمن الخبيز.

قدمت الدراسة بهذه المنهجية معلومات مهمة ونتائج واضحة لأثر كل عامل على كل خاصية من الخصائص المدروسة، ومكنتنا من ايجاد العلاقة الرياضية لتلك العوامل على الخصائص المدروسة عند كافة القيم في المجال المدروس بقيم معاملات انحدار مقبولة.

**الكلمات المفتاحية:** كيك، تصميم تجارب، تحسين الجودة، فعالية الماء

**Applying of Design of Experiments (DOE) Methodology to Improve the Quality of Processed Cake**

Dr. Mohamad Ismail NAYOUF

Agriculture Faculty – Food Science Department – Hama University

Email: dr.nayouf@gmail.com Mobile:0934589578

Abstract

The purpose of this research is to improve the quality of a sponge cake manufactured by batches method in rotary ovens. The characteristics to be improved in the processed cake were determined by the moisture, water activity, appearance and degree of baking. Appearance and degree of baking were evaluated by tasters, and moisture and water activity were measured by appropriate objective methods. For this purpose, an experimental plan had been developed using the method of designing complete factor experiments with four factors and two levels, by using the Statgraphic plus statistical program. Factors included the amount of sugar, amount of flour, baking temperature, and baking time. With this methodology, the study provided important information and clear results for the effect of each factor on each of the studied characteristics, and it enabled us to find the mathematical relationship of those factors on the studied characteristics at all values ​​in the studied field with the values ​​of acceptable regression coefficients.

**Key words:**  Cakes, Design of Experiments (DOE), quality improvement, Water Activity

# المقدمة

تعتمد جودة منتجات المخابز على نطاق صناعي على التحكم بمواصفاتها الحسية والفيزيائية كالمظهر والطعم واللون والطراوة والطازجية (Cauvain وYoung، 2006). وتعتمد جودة الكيك بشكل كبير على أنواع المكونات في الوصفة وعلى طريقة خلطها وظروف الخبيز(Bent، 1997). يكون الكيك عالي الجودة عندما يكون جيد الخبيز وذو رطوبة لب مناسبة Pernell) وزملاؤه، 2002).

يعتبر الكيك من النوع الاسفنجي (Sponge Cake) أحد أنواع الكيك الرائجة في السوق المحلية. وتتمثل جودته بالعديد من الخصائص: الطعم والمسامية واللون والطرواة. تتكون عادة وصفة الكيك التقليدية من مكونات أساسية هي الدقيق والسكر والبيض التي تخلط لتشكيل فقاعات هواء صغيرة، إذ تتواجد بروتينات البيض على محاذاة فقاعات الهواء مع الطور المائي مما يوفر الاستقرار لتلك الفقاعات ويمنعها من الارتفاع إلى سطح الخليط والهروب إلى الغلاف الجوي. يعد استقرار الفقاعات "الرغوة" في الخليط مهمًا خاصة في المراحل المبكرة من الخبيز، وعندما ترتفع درجة الحرارة تميل فقاعات الهواء إلى الزيادة. إذ في وقت لاحق من الخبيز، يبدأ تصلب المكونات، وتبدأ فقاعات الغاز في الانفجار وتنتشر الغازات تاركة وراءها بنية إسفنجية لذا يستخدم مصطلح "الإسفنج" بالمعنى العام .

ففي بداية عملية الخبيز ونتيجة لارتفاع درجة الحرارة، تنمو فقاعات الغاز بسبب تمدد الهواء، ويتبخر الماء، وتنخفض قابلية الذوبان في الطور المائي، ويتكون غاز ثاني أكسيد الكربون (CO2) نتيجة لوجود عوامل التخمر Delcour). و Hoseney، 2010). يزداد الحجم أثناء الخبز نتيجة لإنتاج البخار وزيادة درجة الحرارة (Conforti ، 2014). وفي نهاية عملية الخبيز تتصلب عجينة الكيك نتيجة لتشكل نوعين من الهلام، إذ تصبح الحرارة مرتفعة بشكل كاف فيتهلم النشاء وتتلف البروتينات (Guy وPithawala، 1981). تؤدي إضافة السكر إلى زيادة درجات الحرارة التي يتحول فيها النشاء والبروتين إلى حالة الجلتنة عند 80 إلى 95 درجة مئوية (Beleia, Miller و Hoseney، 1996).

ترتبط رطوبة الكيك بكمية الماء المستخدمة في الوصفة وتعتبر فعالية الماء من العوامل المهمة في حفظ الكيك وضمان عدم تعرضه للتعفن وتشكل الفطور. أشارت الدراسات التي أجريت على الكيك أن القيمة العليا لفعالية الماء aw لضمان عدم نمو الفطور في الكيك أثناء التخزين هي 0.75 (Gustavo وزملاؤه، 2020) أي يكفي عدم تجاوز منتج الكيك لهذه القيمة حتى نضمن عدم تواجد الفطور فيه خلال مدة التخزين.

# الدراسة المرجعية

أظهر (Joiner وBrewster، 2017) أن درجة حرارة الفرن، وملء القالب وزمن الخبيز، وإعداد الفرن، وحجم القالب هي العوامل التي يمكن أن تؤثر على طعم الكيك. وقد أشارت Heenan وزملائها (2020) إلى أن نوع التحلية ونوع الدهون ووقت الخبيز يمكن أن يؤثر أيضاً في مظهر المنتج ورائحته ونكهته وملمسه وخصائص ما بعد النكهة للكيك النموذجي.

لا يؤثر السكر على حلاوة الكيك فحسب، بل يمكن أن يعمل السكر أيضاً على تليين الغلوتين، وبهذا يمكن جعل الكيكة طرية. إضافة إلى ذلك، يمكن أن تعطي عملية كرملة السكر لوناً جيداً للكيك (Kim و Walker، 1992). يمكن أن تؤثر المكونات الأخرى مثل الدقيق والبيض ومكونات الإضافة أيضًا على طعم وجودة الكيك. للحصول على المذاق الجيد وجودة الكيك، يجب أن نجمع بين مجموعة متنوعة من مكونات الكيك بشكل متوازن.

# مشكلة البحث وأهميته

تظهر المشاكل في جودة منتجات المخابز على شكل اختلافات غير متوقعة تحدث من وقت لآخر. وغالباً ما يتطلب حل تلك المشاكل وتحسين الجودة وفق متطلبات المستهلك الكثير من الوقت والجهد والمال لتحديد الأسباب والتجريب لإيجاد الحلول المثالية (Cauvain ،2017).

كما يتطلب حل المشكلات الناجح عادة منهجية منظمة فالنهج العشوائي لحل المشكلات يعد مضيعة للوقت والموارد والمال. إنٌ تعرف الباحث أو المهندس أو صاحب العملية على النظام الذي يعمل به يزيد من قدرته على التحسين. وحتى يتمكن هذا الشخص من ذلك عليه أن يجري تجارب ملموسة ذات هدف محدد وهو الحصول على المعلومات بأكثر دقة ممكنة وبأقل عدد ممكن من التجارب. و لن يحقق ذلك إلا عن طريق استخدام أسلوب تخطيط جيد لهذه التجارب.

يمتاز اعتماد منهجية تصميم التجارب على غيره من الطرق العشوائية من وجهة نظر اقتصادية بالقدرة على تحسين المردود وضمان جودة الإنتاج والإعداد لإنتاج منتجات جديدة اضافة للقدرة على المعايرة الجيدة للأجهزة والوحدات ([Hosseini](https://www.emerald.com/insight/search?q=Hamed%20Hosseini) وزملاءه، 2019 ).

غالباً ما يستخدم الباحثون عادة طريقة تعتمد على الدراسة المتتالية للعوامل عن طريق تغيير العامل المراد دراسة أثره وتثبيت العوامل الأخرى. ولكن ذلك يترافق مع خطورة عالية لتفسير النتائج بشكل خاطئ عند اعتماد هذه الطريقة (Hicks وزملاءه، 1999).

يمتاز تصميم التجارب "العاملية " (Factoriels) بمستويين 2k بتمكيننا من تحديد العوامل المؤثرة في الظاهرة المدروسة إضافة لإمكانية تحديد الارتباطات بين تلك العوامل وآثارها، وتسمح هذه الخطط بدراسة عدد k من العوامل بحيث أن يكون لكل عامل مستويين, حيث تحقق هذه الخطط كل الارتباطات الممكنة بين العوامل ومستوياتها (Kilgo، 1988).

فلدراسة أثر عامل x على الاستجابة يجب تعيين مستويين, المستوى الأول يميّز بمستوى منخفض -1 و الثاني بمستوى مرتفع +1 ولدراسة عاملين X1 و X2 بمستويين لكل عامل, يجب إنجاز)  4 =معاملة أو معالجة(.

- لدراسة ثلاثة عوامل X1 و X2 و X3 ==> سيكون لدينا تجربة تضم 8 معالجات ( = 8 ) . يمكن لتصميم التجارب (DOE) أن يدرس بسهولة تأثيرات المكونات في عملية خبز الكيك وتحديد الوصفة المثلى بعدد أقل من التجارب. مقارنة مع التجارب البسيطة التي تدرس تأثير عامل واحد فقط.

# 4- هدف البحث

# يهدف البحث إلى تطبيق منهجية تصميم التجارب في تحسين جودة الكيك المصنع في شركة رائدة في انتاج المعجنات في سوريا، عن طريق دراسة تأثير بعض المكونات الأساسية في وصفة الكيك، كنسبة السكر والدقيق وظروف الخبيز كدرجة حرارة ومدة الخبيز، على بعض خصائص الكيك الحسية كالمظهر واللون وبعض الخصائص الفيزيائية كالرطوبة وفعالية الماء. باستخدام منهجية تصميم التجارب (DOE) وتحليل التباين ANOVA لتحديد العوامل الأكثر تأثيراً على خصائص الكيك وايجاد العلاقة الرياضية المناسبة لكل خاصية.

# 5- مواد وطرائق البحث

أنجزت الدراسة في مخابر كلية الزراعة- جامعة حماة بالتعاون مع شركة محلية رائدة في انتاج الشوكولا والكيك في محافظة حماة على خط إنتاج صناعي متقطع باستخدام أفران دوارة.

1. المواد المستعملة

* طحين القمح: طحين قمح محلي من النوع الطري (درجة صفر) المطاحن الكبرى.
* السكر: بلوي ناعم- مصدر أوربي.
* بيض طازج كامل محلي
* زبدة نباتية
* حليب بقري طازج من مصدر محلي
* بيكنغ باودر
* فرن صناعي دوار مع قدرة التحكم بالحرارة والزمن
* صواني كيك مصنوعة من معدن غير قابل للصدأ
* خلاط صناعي 10 لتر لتحضير عجينة الكيك نوع JIAWANSHUN موديل WU117

1. التحاليل الفيزيائية والكيميائية

* تقدير الرطوبة: تم تقدير الرطوبة باستعمال جهاز الكتروني Analyzer) (HG53-Halogen Moisture. وبحسب الطريقة القياسية (19-44) - (A.A.C.C. 2000).
* تقدير البروتين: قدر البروتين تبعاً لطريقة كلداهل وبحسب الطريقة القياسية (11-66) - (A.A.C.C. 2000)، إذ ضربت قيمة الآزوت بالثابت الخاص بالطحين لتقدير البروتين.
* تقدير الرماد: تم تقدير الرماد كما جاء في الطريقة القياسية (01-8) -(A.A.C.C. 2000).
* تقدير الدسم: استعمل جهاز سوكسليت، مذيب الهكسان (AOAC 920-39)
* تقدير الغلوتين الرطب: تم تقدير الغلوتين الرطب تبعاً للطريقة القياسية (10-38) - (A.A.C.C. 2000).
* تقدير فعالية الماء aw: استخدم في قياس فعالية الماء للكيك جهاز (Novasina- water activity tester Climate Set aw) ذو تباين قياس أقل من 0.005. إذ وضعت عينة الكيك في حجرة القياس بعد مجانستها واستحصل على النتيجة خلال 30 دقيقة على الدرجة 25 ْم.

1. طريقة إعداد الكيك:

استخدم في إعداد الكيك وصفة مؤلفة من المكونات التالية: دقيق يتراوح بين 300 -330 غ وسكر بكمية تتراوح أيضاً بين 300-330 غ مع 150 مل من الحليب السائل و 150غ زبدة نباتية و 350غ بيض طازج و 15غ بيكنغ باودر.

خفقت الزبدة مع السكر بشكل جيد (5 دقائق) ثم أضيفت المواد الجافة بالتعاقب مع المواد السائلة (مدة الخلط 2 دقيقة).

ثم صب الخليط في صواني الكيك بعد دهنها بالزبدة (القوالب مصنوعة من معدن مقاوم للصدأ)، صفت الصواني على رفوف العربة وأدخلت الفرن بعد تحميته وثبات حرارته على درجة الحرارة المطلوبة (تتراوح بين 140 و 180 ْم)، استخدمت مدتين للخبيز (20 دقيقة و 40 دقيقة). بعد انتهاء المدة المحددة للخبيز أخرج الكيك من الفرن وترك مدة 30 دقيقة ليبرد، ثم نزع من القوالب وحفظ في أكياس بلاستيكية محكمة الإغلاق لإجراء الاختبارات اللاحقة.

**التقييم الحسي:** تمت عملية التقييم الحسي لعينات الكيك من قبل عشرة محكمين تتراوح أعمارهم بين (15-30) سنة ذكوراً وإناثاً بالتساوي. إذ قيم المحكمون خاصتين هما المظهر واللون (درجة الشي). إذ أعطي سلم يتراوح بين 10 – 100 لكل خاصية. (10 مظهر سيء غير متجانس – 100 مظهر مثالي متجانس) وكذلك اللون (10 لون سيء = كيك نيء و100 لون مثالي = كيك جيد).

1. تصميم التجارب ومعالجة النتائج إحصائياً:

استخدم لهذا الغرض البرنامج الاحصائي Statgraphic Plus، إذ اختير التصميم وفق مصفوفة التجارب العالمية الكاملة 2k، وعولجت النتائج باستخدام نفس البرنامج لإجراء تحليل التباين ANOVA ومعامل الانحدار Regression وإيجاد المعادلة الرياضية المناسبة. **6-** النتائج والمناقشة

يظهر الجدول (1) نتائج اختبار الدقيق المستخدم في تجارب تصنيع الكيك:

**الجدول (1): نتائج التحليل الكيميائي لعينة الدقيق المستخدمة**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| القرائن الكيميائية | الرطوبة | الغلوتين الرطب | البروتين | الرماد | الدسم |
| النسبة % | 14 | 28.5 | 10.7 | 1.02 | 1.32 |

يبين الجدول (2) مصفوفة التجارب المنجزة من خلال البرنامج الاحصائي Satagraphic Plus، وفق نموذج تصميم تجارب عاملية بأربعة عوامل مدروسة مما يجعل عدد المعاملات المطلوبة في التصميم تخضع للمعادلة (2k = =2416 معاملة) ولاستقراء خطأ التجارب تم تكرار ثلاث نقاط مركزية. اختيرت العوامل ومستوياتها على الشكل التالي:

* العامل الأول: كمية السكر في وصفة الكيك وتتراوح بين 300 غ كحد أدنى و330 غ كحد أعلى.
* العامل الثاني: كمية الدقيق في وصفة الكيك وتتراوح بين 300 غ كحد أدنى و330 غ كحد أعلى.
* العامل الثالث: درجة حرارة الفرن أثناء الخبيز: وتتراوح بين 140 ْم كحد أدنى و 180 ْ م كحد أعلى.
* العالم الرابع: مدة الخبيز (الزمن): ويتراوح بين 20 دقيقة كحد أدنى و40 دقيقة كحد أعلى.

كما يظهر الجدول (2) أيضاً نتائج التجارب (Responses)التي أنجزت وفق التصميم السابق وتتمثل بمظهر الكيك ولون القشرة والرطوبة وفعالية الماء.

**الجدول (2): مصفوفة التجارب (a) النتائج Responses بعد تنفيذ التجارب (b)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | مصفوفة التجارب(a) | | | | النتائج (b) | | | |
| عدد التجارب | **السكر (غ)** | **الدقيق (غ)** | **درجة الحرارة**  **(ْ م)** | **الزمن**  **(دقيقة)** | **المظهر** | **اللون** | **الرطوبة**  **(%)** | **(1 - aw)**  **(%)** |
| 1 | 330 | 330 | 140 | 20 | 60 | 65 | 20.1 | 0.55 |
| 2 | 330 | 300 | 140 | 20 | 65 | 65 | 22.3 | 0.60 |
| 3 | 330 | 300 | 180 | 20 | 80 | 90 | 20.0 | 0.57 |
| 4 | 330 | 300 | 140 | 10 | 55 | 60 | 24.5 | 0.65 |
| 5 | 330 | 300 | 180 | 10 | 70 | 85 | 20.2 | 0.58 |
| 6 | 300 | 330 | 180 | 10 | 65 | 80 | 21.4 | 0.64 |
| 7 | 300 | 330 | 140 | 10 | 55 | 65 | 25.3 | 0.72 |
| 8 | 330 | 330 | 180 | 10 | 75 | 75 | 21.1 | 0.60 |
| 9 | 300 | 300 | 140 | 10 | 50 | 70 | 27.0 | 0.65 |
| 10 | 300 | 330 | 140 | 20 | 60 | 60 | 25.6 | 0.83 |
| 11 | 330 | 330 | 140 | 10 | 60 | 70 | 23.3 | 0.62 |
| 12 | 300 | 330 | 180 | 20 | 85 | 95 | 18.4 | 0.66 |
| 13 | 330 | 330 | 180 | 20 | 90 | 90 | 16.1 | 0.55 |
| 14 | 300 | 300 | 140 | 20 | 60 | 65 | 26.5 | 0.70 |
| 15 | 300 | 300 | 180 | 10 | 65 | 80 | 27.4 | 0.75 |
| 16 | 300 | 300 | 180 | 20 | 75 | 85 | 19.8 | 0.73 |
| 3 نقاط مركزية | 315 | 315 | 160 | 15 | 80 | 73 | 23.2 | 0.71 |
| 315 | 315 | 160 | 15 | 82 | 71 | 23.4 | 0.69 |
| 315 | 315 | 160 | 15 | 81 | 72 | 23.1 | 0.70 |

تمت معالجة النتائج باستخدام البرنامج الاحصائي فكانت النتائج وفق الآتي:

1. **نتائج خاصية المظهر:**

يوضح الجدول (3) والشكل (1) (تمثيل باريتو) لمدى تأثر خاصية المظهر بالعوامل الأربعة المدروسة ومدى الارتباطات بين تلك العوامل، فمتوسط تأثر المظهر بالعوامل الأربعة هو 84.11 بخطأ معياري قدره +/- 0.78 ، ومن الواضح أن العامل الأكثر تأثيراً ايجاباً على المظهر هو درجة حرارة الفرن إذ بلغ الأثر قيمة عالية مقدارها (28.75 +/- 1.5) مقارنة مع أثر عامل الزمن (D) الذي جاء بالمرتبة الثانية بقيمة أثر على المظهر مقدارها (20.0 +/-1.0) ثم يليه أثر العاملين المرتبطين وهما (درجة الحرارة والزمن) (CD) الذي بلغ قيمة مقدارها (7.5 +/- 0.5) ثم أثر العاملين المرتبطين وهما (كمية الدقيق ودرجة الحرارة) (BC)الذي بلغ قيمة مقدارها (4.5 +/- 0.5). كل تلك الآثار للعوامل آنفة الذكر هي آثار ايجابية وذات قيم معنوية احصائياً ويظهر ذلك جلياً في الشكل (1) (مخطط باريتو) إذ تظهر تلك الآثار الأربعة على يمين الخط القاطع لقيم الآثار.



**الشكل (1) : مخطط باريتو لآثار العوامل الرئيسية وارتباطاتها**

**الجدول (3): قيم آثار العوامل الرئيسية وارتباطاتها على خاصية المظهر**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| قيمة الأثر والخطأ المعياري | العامل | |
| = 84.11 +/- 0.78 | | المتوسط |
| = 1.25 +/- 1.58 | | A: السكر |
| = 3.75 +/- 1.58 | | B:الدقيق |
| = 28.75 +/- 1.58 | | **C:درجة الحرارة** |
| = 20.0 +/- 1.0 | | **D: الزمن** |
| = 0.0 +/- 0.5 | | AB |
| = 1.25 +/- 0.5 | | AC |
| = -2.5 +/- 1.0 | | AD |
| = 4.5 +/- 0.5 | | **BC** |
| = 0.0 +/- 1.0 | | BD |
| = 7.5 +/- 1.0 | | **CD** |

Standard errors are based on pure error with 2 d.f

ويعني ذلك أن مظهر الكيك المصنع يتأثر بعاملين رئيسين هما زمن الخبيز ودرجة حرارة الخبيز وهذين العاملين مرتبطين وكذلك هناك أثر ارتباط عاملي درجة الحرارة وكمية الدقيق.

وللتأكد من معنوية تلك الآثار لابد من اجراء تحليل التباين. يظهر الجدول (4) تحليل التباين للعوامل الأربعة ارتباطاتها وآثارها على خاصية مظهر الكيك.

**الجدول (4): تحليل ANOVA لدراسة خاصية المظهر**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| P-Value | F-Ratio | Mean Square | Df | Sum of Squares | Source |
| 0.5120 | 0.6 | 0.625 | 1 | 0. 1625 | A:Sugar |
| 0.1411 | 5.63 | 5.625 | 1 | 5.625 | B:Flour |
| 0.0030 | **330.63** | **330.625** | **1** | **330.625** | **C:Temperature** |
| 0.0025 | **400.00** | **400.0** | **1** | **400.0** | **D:time** |
| 1.0000 | 0.000 | 0.00 | 1 | 0.0 | AB |
| 0.1296 | 6.25 | 6.25 | 1 | 6.25 | AC |
| 0.1296 | 6.25 | 6.25 | 1 | 6.25 | AD |
| 0.0377 | **25.00** | **25.0** | **1** | **25.0** | **BC** |
| 1.0000 | 0.00 | 0.0 | 1 | 0.0 | BD |
| 0.0173 | **56.2** | **56.25** | **1** | **56.25** | **CD** |
| 0.0104 | 95.46 | 95.46 | 6 | 572.789 | Lack-of-fit |
|  |  | 1.0 | 2 | 2.0 | Pure error |
|  |  |  | 18 | 2449.79 | Total (corr.) |

R-squared = 76.54 %

R-squared (adjusted for d.f.) = 47.21 %

Standard Error of Est. = 1.0

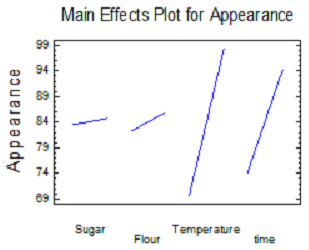
**Mean absolute error = 3.95**

Durbin-Watson statistic = 0.674704 (P=0.0007)

Lag 1 residual autocorrelation = 0.514626

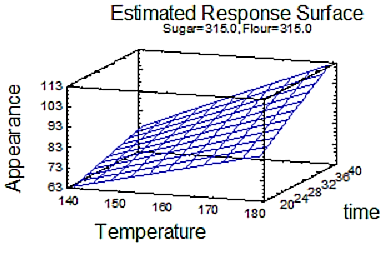
من الجدول وباختبار الدلالة الإحصائية لكل تأثير نجد أن آثار العوامل الأربعة لها قيم معنوية (P-Value) أقل من 0.05، مما يشير إلى أنها تختلف اختلافًا كبيرًا عن الصفر عند مستوى ثقة 0.95 وبالتالي فالآثار معنوية احصائياً.

يظهر كذلك أثر درجة الحرارة ومدة الخبيز جلياً على خاصية المظهر من خلال منحني الآثار الرئيسية (الشكل 2)، إذ يلاحظ الميول الكبير للمستقيمين الممثلين لكلا الأثرين المذكورين مقارنة بالأثرين الأخريين إذ تزداد قيمة المظهر بشكل كبير مقابل ارتفاع ضئيل لكل من درجة حرارة الخبيز ومدة الخبيز.



**الشكل 2: مستقيمات الآثار الرئيسية للعوامل الأربعة المدروسة على خاصية المظهر**

يظهر الشكل (3) كذلك سطح الاستجابة المتوقع للأثر المشترك لكل من درجة الحرارة ومدة الخبيز بالنسبة لخاصية المظهر. يلاحظ من الشكل التحسن الواضح في قيم المظهر مقابل ارتفاع قيم العاملين.



**الشكل (3): سطح الاستجابة المتوقع للأثر المشترك لكل من درجة الحرارة ومدة الخبيز بالنسبة لخاصية المظهر**

وتكون المعادلة المستقرأة لعلاقة المظهر بعوامل درجة الحرارة ومدة الخبيز وكمية الدقيق على الشكل التالي:

Appearance = 212.86 - 1.81C + 0.625D+ 0.019CD +0.0042BC

علماً أنR-squared = 76.54 %

**نتائج باقي الخواص:**

تم بنفس الطريقة معالجة آثار العوامل الأربعة على باقي الخصائص (اللون- الرطوبة – فاعلية الماء)، يظهر الجدول (5) النتائج المتمثلة بالعوامل ذات الأثر الرئيسي على كل خاصية وقيم الآثار اضافة للموديلات الرياضية لعلاقة كل خاصية مع العوامل المدروسة وقيمة معامل الانحدار لكل معادلة.

**الجدول (5): ملخص المعاملات الاحصائية لآثار العوامل المدروسة على خصائص جودة الكيك**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| R2 | الموديل الرياضي | قيمة الأثر | العوامل ذات الأثر | الخاصية |
| 67.5 % | Appearance = 212.86 - 1.81C + 0.625D+ 0.019CD +0.0042BC | +128.8  +20.0  +7.50  +4.50 | D  C  C + D  B + C | **المظهر** |
| 90.19% | Baking color = 142.7 + 0.03C - 9.9 D + 0.03CD | +88.75  +12.50  +2.50 | D  C+ D  D | **اللون** |
| 87.1% | Moisture = 179.7 - 0.012C + 0.81D | 10.35  4.15  1.18 | C  C+D  D  B+C | **الرطوبة** |
| 75.6% | (1-aw) = 6.12 + 0.009A + 0.00028AD + 0.000063BC | 0.248  0.085  0.038 | A  A + D  B + C | **فعالية الماء**  **(1- aw)** |

1. كمية السكر (غ) B- كمية الدقيق (غ) C- درجة حرارة الخبيز(ْ م) D- مدة الخبيز (دقيقة)

# 7- الاستنتاجات والتوصيات

إن دراسة آثار العوامل المختلفة على بعض خصائص الكيك بتطبيق منهجية تصميم التجارب قدم لنا معلومات مهمة ونتائج واضحة لأثر كل عامل على كل خاصية من الخصائص المدروسة، وكذلك آثار ارتباطات تلك العوامل بمنهجية علمية واحصائية رصينة وبتوفير كبير في عدد التجارب مقابل الحصول على عدد كبير من البيانات والمعالجات الإحصائية ذات الأهمية. اضافة لذلك مكنتنا الدراسة من ايجاد العلاقة الرياضية لآثار تلك العوامل على كل خاصية من الخصائص المدروسة بقيم معاملات انحدار مقبولة. مما سمح بالتنبؤ بآثار تلك العوامل على الخصائص المدروسة عند كافة القيم في المجال المدروس. لذا نوصي باستخدام هذه المنهجية في دراسة تحسين المنتجات الغذائية.

# 8- المراجع

* A.A.C.C. (2000). American Association of Cereal Chemists, Approved Methods, 10th Ed. Paul, Minnesota, U.S.A.
* Adbul Hussain. S. S. and Al-Oulabi. R. A. (2009). Studying the Possibility of Preparing an Eggless Cake. Inter. J. Eng. and Tech. 1 (4): 1793-8236.
* AOAC 920-39 Official Method, Extraction of Fat from Bakery products. Ether Extract in Animal Feed First Action 1920.
* Singh. S., Chautan. G. S. and Pshama O. A. (2003). Replacement of Egg Solids with Whey Protein Concentrate and Optimization of its Levels in Cake Making. Food Science Technology. 40 (4): 386- 388.
* Kim, C. S., and Walker, C. E. (1992). Effects of Sugars and Emulsifiers on Starch Gelatinization Evaluated by Differential Scanning Calorimetry. Cereal Chemistry, 69 (2), 212–217.
* Beleia, A., Miller, R. A., and Hoseney, R. C. (1996). Starch Gelatinization in Sugar solutions. Starch/St¨arke, 48(7–8), 259–262.
* Bent A.J., (1997). The Technology of Cake Making, Springer Science Business Media Dordrecht, 440.
* Cauvain S. P. and Young L. S., (2006). Baked Products: Science, Technology and Practice, Wiley-Blackwell, USA, 228.
* Conforti, F. D. (2014). Cake Manufacture. In Y. H. Hui, H. Corke, I. De Leyn, W. Nip, and N. A. Cross (Eds.), Bakery Products: Science and Technology (2nd ed., pp. 565–584). Ames, IA, USA: Wiley-Blackwell.
* Delcour, J. A., and Hoseney, R. C. (2010). Principles of Cereal Science and Technology (3rd ed.). St. Paul, MN, USA: AACC International.
* Gustavo V. Barbosa‐Canovas; Anthony J. Fontana; Jr.; Shelly J. Schmidt; and Theodore Labuza P., (2020). Water Activity in Foods: Fundamentals and Applications. Wiley-Blackwell. 640 Pages.
* Guy, R. C. E. and Pithawala H. R. (1981). Rheological Studies of High Ratio Cake Batters to Investigate the Mechanism of Improvement of Flours by Chlorination or Heat Treatment. International Journal of Food Science & Technology, 16(2), 153–166.
* Heenan S. P. ; Dufour J.-P. ; Hamid N., Harvey W. ; and Delahunty C. M. (2010), The Influence of Ingredients and Time from Baking on Sensory Quality and Consumer Freshness Perceptions in a Baked Model Cake System. Food Science & Technology., 43. PP: 1032-1041.
* Hicks, C.R. and K.V. Turner, Jr. (1999). Fundamental Concepts in the Design of Experiments. 5th ed. New York, NY: Oxford University Press.
* [Hosseini, H.](https://www.emerald.com/insight/search?q=Hamed%20Hosseini) ; [Bolourian, S.](https://www.emerald.com/insight/search?q=Shadi%20Bolourian) and [Shahidi, F.](https://www.emerald.com/insight/search?q=Fakhri%20Shahidi" \o "Fakhri Shahidi) (2019), "Extending the Shelf-Life of Sponge Cake by an Optimized Level of Jujube Fruit Flour Determined Using Custom Mixture Design", [British Food Journal](https://www.emerald.com/insight/publication/issn/0007-070X), Vol. 121 No. 12, PP: 3208-3232.
* Joiner K. and Brewster A., (2017), Cooking Perfect Cupcakes: Freeing Curricula Context Gives Student-Centred Pedagogy for Course on Experimental Design. Creative Education, 8. PP: 1833-1859.
* Kilgo, M.B. (1988). “An Application of Fractional Factorial Experimental Designs.” Quality Engineering 1, PP: 19–23
* Pernell, C. W. ; Luck, P. J. ; Allen Foegeding, E. ; and Daubert, C. R. (2002). Heat-Induced Changes in Angel Food Cakes Containing Egg-White Protein or Whey Protein Isolate. Journal of Food Science, 67(8), 2945–2951.
* Cauvain. S. (2017). Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition.