

مجلة جامعة حمص

سلسلة العلوم الهندسية البترولية والكيميائية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 47 . العدد 2

1447 هـ - 2025 م

الأستاذ الدكتور طارق حسام الدين رئيس جامعة حمص

المدير المسؤول عن المجلة

أ. د. وليد حمادة	رئيس تحرير مجلة جامعة حمص للعلوم الإنسانية
د. نعيمة عجيب	رئيس تحرير مجلة جامعة حمص للعلوم الطبية والهندسية والأساسية والتطبيقية

عضو هيئة التحرير	د. محمد فراس رمضان
عضو هيئة التحرير	د. مضر سعود
عضو هيئة التحرير	د. ممدوح عبارة
عضو هيئة التحرير	د. موفق تلاوي
عضو هيئة التحرير	د. طلال رزوق
عضو هيئة التحرير	د. أحمد الجاعور
عضو هيئة التحرير	د. الياس خلف
عضو هيئة التحرير	د. روعة الفقس
عضو هيئة التحرير	د. محمد الجاسم
عضو هيئة التحرير	د. خليل الحسن
عضو هيئة التحرير	د. هيثم حسن
عضو هيئة التحرير	د. أحمد حاج موسى

تهدف المجلة إلى نشر البحوث العلمية الأصيلة، ويمكن للراغبين في طلبها
الاتصال بالعنوان التالي:

رئيس تحرير مجلة جامعة حمص

سورية . حمص . جامعة حمص . الإدارة المركزية . ص . ب (77)

. هاتف / فاكس : 2138071 31 963 ++

. موقع الإنترنت : www.homs-univ.edu.sy

. البريد الإلكتروني : journal.homs-univ.edu.sy

ISSN: 1022-467X

شروط النشر في مجلة جامعة حمص

الأوراق المطلوبة:

- 2 نسخة ورقية من البحث بدون اسم الباحث / الكلية / الجامعة) + word / CD
من البحث منسق حسب شروط المجلة.
- طابع بحث علمي + طابع نقابة معلمين.
- إذا كان الباحث طالب دراسات عليا:
يجب إرفاق قرار تسجيل الدكتوراه / ماجستير + كتاب من الدكتور المشرف بموافقة
على النشر في المجلة.
- إذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية:
يجب إرفاق قرار المجلس المختص بإنجاز البحث أو قرار قسم بالموافقة على اعتماده
حسب الحال.
- إذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية من خارج جامعة البعث :
يجب إحضار كتاب من عمادة كليته تثبت أنه عضو بالهيئة التدريسية و على رأس عمله
حتى تاريخه.
- إذا كان الباحث عضواً في الهيئة الفنية :
يجب إرفاق كتاب يحدد فيه مكان و زمان إجراء البحث ، وما يثبت صفته وأنه على رأس
عمله.
- يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة لكليات (العلوم الطبية والهندسية والأساسية
والتطبيقية):
عنوان البحث .. ملخص عربي و إنكليزي (كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).
 - 1- مقدمة
 - 2- هدف البحث
 - 3- مواد وطرق البحث
 - 4- النتائج ومناقشتها .
 - 5- الاستنتاجات والتوصيات .
 - 6- المراجع.

- يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة لكليات (الآداب - الاقتصاد - التربية - الحقوق - السياحة - التربية الموسيقية وجميع العلوم الإنسانية):
- عنوان البحث .. ملخص عربي و إنكليزي (كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).
- 1. مقدمة.
- 2. مشكلة البحث وأهميته والجديد فيه.
- 3. أهداف البحث و أسئلته.
- 4. فرضيات البحث و حدوده.
- 5. مصطلحات البحث و تعريفاته الإجرائية.
- 6. الإطار النظري و الدراسات السابقة.
- 7. منهج البحث و إجراءاته.
- 8. عرض البحث و المناقشة والتحليل
- 9. نتائج البحث.
- 10. مقترحات البحث إن وجدت.
- 11. قائمة المصادر والمراجع.
- 7- يجب اعتماد الإعدادات الآتية أثناء طباعة البحث على الكمبيوتر:
 - أ- قياس الورق 25×17.5 B5.
 - ب- هوامش الصفحة: أعلى 2.54- أسفل 2.54 - يمين 2.5- يسار 2.5 سم
 - ت- رأس الصفحة 1.6 / تذييل الصفحة 1.8
 - ث- نوع الخط وقياسه: العنوان . Monotype Koufi قياس 20
 - كتابة النص Simplified Arabic قياس 13 عادي - العناوين الفرعية Simplified Arabic قياس 13 عريض.
 - ج. يجب مراعاة أن يكون قياس الصور والجداول المدرجة في البحث لا يتعدى 12سم.
- 8- في حال عدم إجراء البحث وفقاً لما ورد أعلاه من إشارات فإن البحث سيهمل ولا يرد البحث إلى صاحبه.
- 9- تقديم أي بحث للنشر في المجلة يدل ضمناً على عدم نشره في أي مكان آخر، وفي حال قبول البحث للنشر في مجلة جامعة البعث يجب عدم نشره في أي مجلة أخرى.

10- الناشر غير مسؤول عن محتوى ما ينشر من مادة الموضوعات التي تنشر في المجلة
11- تكتب المراجع ضمن النص على الشكل التالي: [1] ثم رقم الصفحة ويفضل استخدام التهميش الإلكتروني المعمول به في نظام وورد WORD حيث يشير الرقم إلى رقم المرجع الوارد في قائمة المراجع.

تكتب جميع المراجع باللغة الانكليزية (الأحرف الرومانية) وفق التالي:

آ . إذا كان المرجع أجنبياً:

الكنية بالأحرف الكبيرة - الحرف الأول من الاسم تتبعه فاصلة - سنة النشر - وتتبعها معترضة (-) عنوان الكتاب ويوضع تحته خط وتتبعه نقطة - دار النشر وتتبعها فاصلة - الطبعة (ثانية . ثالثة) . بلد النشر وتتبعها فاصلة . عدد صفحات الكتاب وتتبعها نقطة . وفيما يلي مثال على ذلك:

-MAVRODEANUS, R1986- Flame Spectroscopy. Willy, New York, 373p.

ب . إذا كان المرجع بحثاً منشوراً في مجلة باللغة الأجنبية:

— بعد الكنية والاسم وسنة النشر يضاف عنوان البحث وتتبعه فاصلة، اسم المجلد ويوضع تحته خط وتتبعه فاصلة — المجلد والعدد (كتابة مختزلة) وبعدها فاصلة — أرقام الصفحات الخاصة بالبحث ضمن المجلة . مثال على ذلك:

BUSSE,E 1980 Organic Brain Diseases Clinical Psychiatry News , Vol. 4. 20 – 60

ج . إذا كان المرجع أو البحث منشوراً باللغة العربية فيجب تحويله إلى اللغة الإنكليزية و التقيد بالبنود (أ و ب) ويكتب في نهاية المراجع العربية: (المراجع In Arabic)

رسوم النشر في مجلة جامعة حمص

1. دفع رسم نشر (50000) ل.س أربعون ألف ليرة سورية عن كل بحث لكل باحث يريد نشره في مجلة جامعة البعث.
2. دفع رسم نشر (200000) ل.س مئة ألف ليرة سورية عن كل بحث للباحثين من الجامعة الخاصة والافتراضية .
3. دفع رسم نشر (200) مئتا دولار أمريكي فقط للباحثين من خارج القطر العربي السوري .
4. دفع مبلغ (15000) ل.س ستة آلاف ليرة سورية رسم موافقة على النشر من كافة الباحثين.

المحتوى

الصفحة	اسم الباحث	اسم البحث
40-11	نورهان القطريب أ.د. شريف صادق أ.د. محمد نيوف	دراسة تأثير أهم عوامل التخمر في إنتاج شاي الكومبوتشا
66-41	كاتيا الياس د. عبد الوهاب مرعي د. شريف صادق	تأثير السبيروлина (Spirulina) في الخصائص الفيزيائية والكيميائية والحسية للبن الرائب
104-67	م. ياسمة أسبر أ.د.م. رمضان عطرة	تأثير تغيير السلالة البادنة ودرجة حرارة العجن وطريقة التمليح في مواصفات جبن الموزريلا
140-105	م. نسرين الأطرش د.م. غزل طهماز د.م. زياد سفور	" تحضير أكسيد النحاس النانوي وتطبيقه باستخدام تقنية الطلاء بالسكين للحصول على قماش ناقل للكهرباء "
173-141	محمد أسامة المعراوي أ.د. محي الدين حمود	دراسة تأثير تغيير نمره وكثافة خيوط الحذف على خواص المتانة والتشريب للقماش المنتج والتنبؤ بقيم هذه الخواص

دراسة تأثير أهم عوامل التخمير في إنتاج شايب الكومبوتشا

طالبة الدراسات العليا: م. نورهان القطريب

قسم الهندسة الغذائية - كلية الهندسة الكيميائية والبترولية - جامعة حمص

إشراف:

أ.د. محمد نيوف

أ.د. شريف صادق

الملخص:

يُعدّ الشاي المتخمّر المعروف تجارياً بالكومبوتشا مشروب وظيفي حمضي قليل الكربونات منخفض الكحول، إذ يتم الحصول عليه من خلال تخمير الشاي الأسود أو الأخضر المحلّى باستخدام باديئ تكافلي من البكتريا والخمائر يدعى (scopy). تهدف هذه الدراسة إلى إنتاج مشروب الكومبوتشا ودراسة تأثير أهم عوامل التخمير ككمية السكر وكمية الشاي ودرجة حرارة التخمير إضافة لزمن التخمير على الخصائص الفيزيوكيميائية والحسية للمنتج النهائي. صُمّمت التجارب وعولجت إحصائياً باستخدام منهجية تصميم التجارب العملية الكاملة بأربعة عوامل ومستويين، عن طريق استخدام البرنامج الإحصائي (Statgraphic plus v19).

تمّ في هذا البحث تحضير عينات الكومبوتشا باستخدام الشاي الأسود المحلّى مع تغيير العوامل المشار لها أعلاه، وتمّ قياس pH والمواد الصلبة الذائبة (Brix) ونسبة الكحول في العينات خلال عملية التخمير، كما تمّ إجراء اختبار الفينولات الكلية والقدرة المضادة للأكسدة (DPPH) قبل وبعد التخمير. بيّنت النتائج أنّ قيم البريكس وقيم pH انخفضت في كافة العينات بعد التخمير، فيما ازدادت نسبة الكحول في العينات في الأيام الأولى من التخمير وانخفضت لاحقاً مع استمرار عملية التخمير. كما ازدادت القدرة المضادة للأكسدة والمحتوى الفينولي الكلي في عينة الكومبوتشا بعد التخمير، ونتيجة للتحليل الحسي لعينات الكومبوتشا حصلت العينة C (كمية سكر 75g/l، كمية الشاي 6.5g/l، درجة حرارة التخمير 25°م، لمدة 7.5 يوم) على أعلى درجات القبول.

وخلصت النتائج إلى أنّه يمكن إنتاج شاي الكومبوتشا وفق معايير العينة (C) للحصول على مشروب وظيفي منعش يحتوي على نسبة كحول (1.041-1.052%) وغني بالمركبات الفينولية (102.17mg/l) ومضادات الأكسدة (86.65%).

الكلمات المفتاحية: شاي الكومبوتشا، التقييم الحسي، القدرة المضادة للأكسدة، التخمر الكحولي.

Study of the effect of the most important fermentation factors on the production of kombucha tea

Graduate student: Eng. Nourhan Alkatreeb

**Department of Food Engineering - Faculty of Chemical and
Petroleum Engineering - Al-Baath University**

Supervised by:

Dr. Sharif Sadek

Dr. Mohamad Nayouf

Abstract:

Fermented tea, known commercially as kombucha, is a functional, acidic, low-carbonation, low-alcohol beverage obtained by fermenting sweetened black or green tea using a symbiotic starter of bacteria and yeasts called scopy. This study aims to produce kombucha and study the effect of the most important fermentation factors, such as the amount of sucrose, the amount of tea, the fermentation temperature, in addition to the fermentation time, on the physicochemical and sensory properties of the final product. The experiments were designed and treated statistically using the full factorial experimental design methodology with four factors and two levels, by using the statistical program (Statgraphic plus v19).

In this research, kombucha samples were prepared using sweetened black tea while changing the factors referred to above. The pH, dissolved solids (Brix) and percentage of alcohol in the samples were measured during the fermentation process. A test for total phenols and antioxidant capacity (DPPH) was also performed before and after fermentation. . The results showed that the Brix and pH

values decreased in all samples after fermentation, while the percentage of alcohol in the samples increased in the first days of fermentation and decreased later as the fermentation process continued. The antioxidant capacity and total phenolic content in the kombucha sample also increased after fermentation, and as a result of the sensory analysis of the kombucha samples, sample C (amount of sugar 75g/l, amount of tea 6.5g/l, fermentation temperature 25°C, for 7.5 days) obtained the highest degree of acceptability.

The results concluded that kombucha tea can be produced according to sample standards (C) to obtain a refreshing functional drink that contains an alcohol content of 1.041%-1.052% and is rich in phenolic compounds (102.17mg/l) and antioxidants (86.65%).

Keywords: kombucha tea, sensory evaluation, antioxidant capacity, alcoholic fermentation.

1- مقدمة:

يعدّ الشاي المشروب الأكثر استهلاكاً في جميع أنحاء العالم، تم الحصول عليه من أوراق نبات *Camellia sinensis* الصينية منذ ما يقرب من 50 قرناً. نشأ نبات الشاي من جنوب شرق آسيا ويتم زراعته الآن في أكثر من 30 دولة، و الدول الخمس الرئيسية التي تنتج وتصدر الشاي هي الصين والهند وسريلانكا وكنيا وإندونيسيا. [19] تم تصنيف الشاي إلى ثلاثة أنواع رئيسية منتجة في جميع أنحاء العالم، 78% من الشاي الأسود (المخمّر بالكامل)، وعادةً ما يتم استهلاكه في الدول الغربية، و 20%

من الشاي الأخضر (غير المخمر)، ويتم استهلاكه بشكل شائع في الدول الآسيوية، و2%

شاي أولونج (المخمر جزئياً) الذي يتم إنتاجه بشكل أساسي في جنوب الصين. [9]

في الآونة الأخيرة، زاد الاهتمام في إنتاج واستخراج المركبات النشطة بيولوجياً من النباتات في صناعات الأغذية والمشروبات. إذ ازدادت الاتجاهات الغذائية الفعلية نحو المنتجات المصنعة بأدنى حد من دون إضافات وقيمة غذائية وفوائد صحية عالية. وفي هذا السياق، جذب شاي الكومبوتشا التقليدي انتباه الباحثين والمستهلكين مؤخراً بسبب خصائصه الحيوية والعلاجية. [20]

الكومبوتشا هو مشروب شاي مخمر يتم تصنيعه باستخدام الشاي الأسود أو أنواع أخرى من الشاي مثل (الشاي الأخضر أو الشاي الصيني الأسود) عن طريق إضافة البادئ (scopy) إلى الركيزة (الشاي الحلو) لفترة من التخمير الأولي التي تستمر عادةً سبعة أيام أو أكثر، ليتم الحصول في النهاية على منتج حمضي مكرين قليلاً مع كميات مختلفة من الكحول الإيثيلي. [13]

على الرغم من عدم وجود تاريخ محدد عن أصل الكومبوتشا، تشير السجلات إلى أن الكومبوتشا منتج منذ آلاف السنين، وبدأ استهلاكه حوالي 220 قبل الميلاد في منشوريا، الواقعة في شمال شرق الصين، ثم انتشر إلى اليابان وأوروبا ثم وصل إلى روسيا وتوسع انتشاره إلى ألمانيا وإيطاليا في القرن العشرين، في الخمسينيات من القرن الماضي أصبح شائعاً أيضاً في فرنسا وشمال إفريقيا. [23]

يعود اسم المشروب "كومبوتشا" إلى الطبيب الكوري المسمى كومبو، الذي استخدم المشروب لعلاج مشاكل هضمية عند الإمبراطور الياباني في ذلك الوقت، حوالي عام 414 م. قُدِّم المشروب في اليابان ليكتسب بعد ذلك شهرة وتوسعاً إلى دول أخرى، وأصبح يُطلق عليه اسم "Kombucha" تكريماً للطبيب Kombo و "Cha" تعني الشاي باللغة الياباني. [32]

يملك الكمبوتشا خصائص علاجية ووقائية فريدة من نوعها، ومن فوائده الصحية التي أدرجت هي قدرته على خفض الكوليسترول في الدم، وتحفيز الجهاز المناعي، والتأثير الوقائي ضد أمراض القلب والأوعية الدموية والكبد، وأمراض التمثيل الغذائي، والإمساك. هناك أدلة متزايدة على أن الكمبوتشا يحتوي على مكونات نشطة بيولوجياً، مما يشير إلى أن هذا المنتج الفريد المتخمّر هو مصدر مهم للبروبيوتيك ويمكن اعتباره من الأغذية الوظيفية. [13]

في عام 2014، بلغت مبيعات الكمبوتشا المعبأة في الولايات المتحدة 400 مليون دولار، وشكلت الشركات التي تصنع وتبيع الكمبوتشا منظمة تجارية (Kombucha Brewers International). ارتفعت مبيعات الكمبوتشا والمشروبات المخمرة الأخرى في الولايات المتحدة بنسبة 37% في عام 2017. تنتج شركات البيرة مثل Full Sail Brewing Company و Molson Coors Beverage Company الكمبوتشا بأنفسهم أو عبر الشركات التابعة. [6]

تحدث أثناء عملية تخمير الشاي لإنتاج الكمبوتشا العديد من التغيرات البيوكيميائية التي تؤثر على خصائص المنتج النهائي. ويرجع تعقيد عملية تخمّر الكمبوتشا بشكل أساسي إلى العدد الكبير من الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في البادئ (scopy) والتفاعلات بينها. إذ يعتبر التنوع الميكروبي الموجود في الكمبوتشا وبادئه كبير جداً، ويمكن أن تصل الأنواع الميكروبية المختلفة إلى أكثر من 300 نوع [34]، اختلفت الدراسات في ذكرها ووصف تركيب ثابت وموحد لها، إذ أظهرت العديد من الدراسات أن التركيب الميكروبيولوجي للبادئ أو المعروف باسم (فطر الشاي)، قد يختلف بين تخمير وآخر. [14]

تعتبر من أهم البكتريا المكوّنة لبادئ الكومبوتشا وأكثرها هي (*Acetobacter xylinum* > 95%) ، أما سلالات الخميرة الأكثر شيوعاً هي (*Saccharomyces*, *Brettanomyces*, *Zygosaccharomyces*). تعمل أنواع الخمائر والبكتيريا المختلفة بالتوازي أثناء عملية التخمير لإنتاج منتجين نهائيين مختلفين وهما الشاي المخمر والغشاء الحيوي. [13]

إن وجود المكونات الكيميائية وكميتها في الكومبوتشا متغير (جدول-1)، ويعتمد ذلك بشكل أساسي على عدّة عوامل مهمّة مثل: مصدر البادئ [29]، تركيز السكر والشاي [36]، وقت التخمير [11]، درجة حرارة التخمير [26]. حيث يؤثر أي تغيير في ظروف التخمير على خصائص المنتج النهائي.

جدول (1): المكونات الرئيسية وبعض المستقلبات الرئيسية الموجودة في الكومبوتشا

المصدر	السكر الاولي g/l	زمن التخمير (أيام)	متوسط المكونات	المكونات	
Blanc (1996)	70	15	5.6 g/l	حمض الخل	الأحماض العضوية
Jayabalan et al. (2007)	100	18	8.36 g/l	حمض الخل	
Chen and Liu (2000)	100	30	11 g/l	حمض الخل	
Chen and Liu (2000)	100	60	39 g/l	حمض الغلوكونيك	
Lončar et al. (2006)	70	21	0.016 g/l	حمض الغلوكورونيك	
Jayabalan et al. (2007)	100	18	0.18 g/l	حمض اللاكتيك	
Chen and Liu (2000)	100 g/l	20	5.5 g/l	الايثانول	المكونات العامة
Jayabalan et al. (2007)	100 g/l	12	3 mg/MI	البروتين	

Chu and Chen (2006)	15	100 g/l	7.8 mm GAE	البوليفينول	
Bauer-Petrovska and Petrushevskaja-Tozi (2000)	15	70 g/l	0.74 mg/mL	B ₁	الفيتامينات
Malbaša et al. (2011)	10	70 g/l	8 mg/100 mL	B ₂	
Bauer-Petrovska and Petrushevskaja-Tozi (2000)	15	70 g/l	0.52 mg/mL	B ₆	
Bauer-Petrovska and Petrushevskaja-Tozi (2000)	15	70 g/l	0.84 mg/mL	B ₁₂	
Malbaša et al. (2011)	10	70 g/l	25 mg/L	C	

أثبتت العديد من الدراسات أنّ حمض الخلّ هو الحمض السائد في الكومبوتشا. كما يعدّ حمض الجلوكورونيك المنتج أثناء عملية التخمير هو العامل العلاجي الرئيسي في هذا المشروب. [24]

درس [35] إنتاج الكومبوتشا باستخدام ركائز أساسية بديلة عن الشاي الأسود حيث تمّ دراسة استخدام ماء جوز الهند كركيزة أساسية مما أدّى إلى تعزيز بعض الأنشطة البيولوجية في المنتج النهائي. بينما درس [5] إنتاج مشروب الكومبوتشا من عصير العنب وكانت النتيجة الحصول على مشروب بخصائص حسية ووظيفية محسنة بعد 6 أيام فقط من التخمير. فيما بيّن [10] في دراسته أنّ أنسب ركائز لتحضير الكومبوتشا هي الشاي الأسود والأخضر بسبب مصادره العالية من النيتروجين مثل الكافيين، ومشتقات البيورين. في دراسة أجراها [30] لتقييم تأثير ظروف التخمير على الخصائص الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية والحسية لمشروبات الكومبوتشا، تمّ التخمير لمدة 10 أيام عند درجات حرارة مختلفة 20-25-30°م، وكانت ظروف التخمير المثلى للمشروبات هي

درجة حرارة 25°م وفترة 10 أيام، مما سمح بالحصول على منتج ذو خصائص فيزيائية كيميائية وحسية جيدة. وفي دراسة أخرى أجراها [17] درس فيها تخمير شاي الكومبوتشا عند درجات حرارة مختلفة لتقييم خصائص المشروب عند هذه الدرجات كان مجال درجة حرارة التخمير الأفضل هو 22-28°م.

يحتوي مشروب الكومبوتشا على نسبة عالية من المركبات النشطة بيولوجياً المشتقة من المواد النباتية والتي لها خصائص معززة للصحة لذلك يعتبر مشروب وظيفي. في دراسة أجراها [28] لقياس نشاط مضادات الأكسدة في مشروب الكومبوتشا المنتج من الشاي الأسود باستخدام طريقة (DPPH) تبين أن إجمالي المركبات الفينولية، والقدرة المضادة للأكسدة زادت مع زيادة وقت التخمير.

2- هدف البحث:

1- دراسة تأثير أهم عوامل التخمير في خصائص مشروب الكومبوتشا حيث تشمل الدراسة بعض المواصفات الكيميائية والفيزيائية.

2- التقييم الحسي لمشروب الشاي المخمر (كومبوتشا) وإمكانية طرحه في السوق.

3- مواد وطرائق البحث:

تم تحضير عينات الكومبوتشا، باستخدام البادئ scopy، وأربعة متغيرات (كمية السكر، كمية الشاي، درجة حرارة التخمير، زمن التخمير) وتم قياس الخصائص الكيميائية والفيزيائية المدروسة لمشروب الكومبوتشا الناتج في كل مرة. تمت معالجة النتائج باستخدام برنامج التحليل الإحصائي لتصميم التجارب (Statgraphic plus v19) من

شركة Statgraphics Technologies. حيث تم تحديد فروق ذات دلالة إحصائية من خلال اختبارات متعددة النطاق عند مستوى الأهمية $P < 0.05$.

-المواد الأولية المستخدمة:

1-البادئ scopy (البادئ التكافلي من البكتريا والخمائر): تم الحصول على البادئ من الجمعية التعاونية في قرية السلطان يعقوب في لبنان، حيث تم نقل المنتج في كيس محكم الإغلاق ويرافقه 200 ml من السائل البادئ الذي يعتبر كافياً لإنتاج 1 لتر من الكومبوتشا.



الشكل (1): بادئ الكومبوتشا

وحسب المصدر الذي تم شراء البادئ منه فإنّ البادئ يحتوي على السلالات الموضحة في الجدول (2).

جدول (2): سلالات البكتريا والخمائر الموجودة في البادئ

البكتريا (Bacteria)	الخمائر (Yeasts)
<i>xylinum Acetobacter</i>	<i>cerevisiae Saccharomyces</i>
<i>aceti Acetobacter</i>	<i>bailii Zygosaccharomyces</i>
<i>Acetobacter tropicalis</i>	<i>bruxellensis Brettanomyces</i>
<i>Bacillus aryabhattai</i>	<i>stellata Candida</i>
<i>Bacillus licheniformis</i>	<i>Brettanomyces anomalus</i>

<i>Bacillus cereus</i>	<i>Kluyveromyces marxianus</i>
<i>saccharivorans Gluconacetobacter</i>	<i>Saccharomyces ludwigii</i>
<i>Bacillus aerophilus</i>	
<i>Gluconacetobacter rhaeticus</i>	

2- شاي أسود نوع الزين: تم شراؤه من السوق المحلي.

3- سكر أبيض: تم شراؤه من السوق المحلي.

- المواد الكيميائية المستخدمة:

كاشف فولين-سيوكالتيو إنتاج شركة (Sigma-Aldrich) حمض الغاليك بتركيز 5 g/l ،
2،2 ثنائي فينيل-1-بيكريل هيدرازيل DPPH بتركيز (0.025 g/l) إنتاج (Sigma-Aldrich) .

- طرائق البحث:

تم إجراء التجارب العملية والتحليل المخبرية في مخابر قسم الهندسة
الغذائية وفق الطرائق التالية:

1- المادة الجافة: باستخدام جهاز الريفراكتوميتر وفق طريقة AOAC932.14, (2006).

2- تقدير رقم الحموضة (pH): باستخدام جهاز pH-meter وفق طريقة: (AOAC 942.15, 2000).

3- تقدير نسبة الكحول. [1]

4- قياس القدرة المضادة للأكسدة بطريقة الجذر الحر DPPH. [37]

5- تقدير الفينولات الكلية بطريقة فولين سيوكالتيو. [38]

6- الاختبارات الحسية:

تم إجراء تقييم حسي لبعض الخصائص المميزة لمشروب الكومبوتشا،
حيث قام 10 أشخاص بهذه الاختبارات. بعد ترشيح عينات شاي الكومبوتشا

وترتيبها، كان بمثابة مشروب بارد خفيف للمتذوقين. تم استخدام مقياس المتعة في التقييم الحسي لعينات الكومبوتشا حيث تتراوح الدرجات المعطاة على هذا المقياس بين (1 و 5) حيث (1 الدرجة الأقل، 5 الدرجة الأعلى). تم تقييم العينات من حيث درجة الحلاوة والرائحة واللون والقبول العام في التحليل الحسي وفق الاستمارة المبينة في الجدول (3). [2]

جدول (3): استمارة التقييم الحسي

رمز العينة	درجة الحلاوة	الرائحة	اللون	القبول العام
A				
B				
C				
D				
E				

يبين الجدول (4) معايير تحضير عينات الكومبوتشا التي تم عرضها على المتذوقين من أجل التقييم الحسي، كما يبين الشكل رقم (2) عينات الكومبوتشا التي تم عرضها على المتذوقين.

جدول (4): رموز عينات التقييم الحسي

زمن التخمير (يوم)	درجة الحرارة (°C)	كمية الشاي g/l	السكرز الأولي g/l	رمز العينة
10	22	5	50	A
10	22	5	100	B
25	7.5	6.5	75	C

D	100	5	22	5
E	50	5	22	5



الشكل (2): عينات الكومبوتشا التي تمّ عرضها على المتذوقين

4- النتائج والمناقشة:

يبين الجدول (5) مصفوفة التجارب المنجزة من خلال البرنامج الإحصائي Satagraphic Plus، وفق تصميم تجارب عاملية بأربعة عوامل مدروسة مما يجعل عدد المعاملات المطلوبة في التصميم تخضع للمعادلة $2^4 = 16$ حيث 2^k هي عدد العوامل المدروسة (4 عوامل) ولاستقراء خطأ التجارب تمّ تكرار ثلاث نقاط مركزية. اختيرت العوامل ومستوياتها على الشكل التالي:

- العامل الأول: كمية السكر الأولية تتراوح بين 50 غ كحد أدنى و 100 غ كحد أعلى.
- العامل الثاني: كمية الشاي الأولية تتراوح بين 5 غ كحد أدنى و 8 غ كحد أعلى.
- العامل الثالث: زمن التخمير يتراوح بين 5 أيام كحد أدنى و 10 أيام كحد أعلى.
- العامل الرابع: درجة حرارة التخمير يتراوح بين 22°م كحد أدنى و 28°م كحد أعلى.

كما يظهر الجدول (5) نتائج التجارب (Responses) التي أنجزت وفق التصميم السابق وتتمثل بقيمة Brix وقيمة pH ونسبة الكحول.

الجدول (5): مصفوفة التجارب (a) والنتائج Responses (b) بعد تنفيذ التجارب

رقم التجربة	السكروز g/l	الشاي g/l	درجة الحرارة c°	الزمن (يوم)	Brix	pH	الكحول %
1	50	5	22	5	4.1	3.521	0.841
2	50	5	22	10	3.7	3.451	0.558
3	50	8	22	10	3.5	3.382	0.681
4	100	8	22	10	7.6	3.281	0.725
5	100	5	22	10	7.9	3.342	0.723
6	100	5	28	10	6.9	3.074	1.582
7	50	5	28	10	2.9	3.185	1.432
8	50	8	28	10	2.3	3.091	1.224
9	50	8	22	5	4.2	3.492	0.924
11	100	8	22	5	8.3	3.395	1.542
11	50	5	28	5	4.2	3.491	2.175
12	50	8	28	5	3.8	3.273	2.184
13	100	5	28	5	7.7	3.261	3.452
14	100	8	28	5	7.9	3.253	3.584
15	100	5	22	5	8.4	3.412	1.451
16	100	8	28	10	6.6	2.949	1.812
3	75	6.5	25	7.5	6.4	3.435	1.041

نقاط	75	6.5	25	7.5	6.3	3.343	1.034
مركزية	75	6.5	25	7.5	6.3	3.352	1.052

تمت معالجة هذه النتائج باستخدام البرنامج الإحصائي حيث تم معالجة آثار عوامل التخمير الأربعة المدروسة (كمية السكر، كمية الشاي، درجة الحرارة، زمن التخمير) على خصائص الكومبوتشا (Brix، الرقم الهيدروجيني، الكحول).
يظهر الجدول (6) النتائج المتمثلة بالعوامل ذات الأثر الرئيسي المعنوي إحصائياً على كل خاصية وقيم الآثار إضافة للموديلات الرياضية لعلاقة كل خاصية مع العوامل المدروسة وقيمة معامل الانحدار لكل معادلة.

الجدول (6): ملخص المعاملات الإحصائية لآثار العوامل المدروسة على خصائص الكومبوتشا

الخاصية	العوامل ذات الأثر	قيمة الأثر	الموديل الرياضي	R ²
Brix	A D	+4.07 -0.9	$Brix = -12.63 + 0.239A + 0.701D$	98.25%
pH	C D A	-0.212 -0.168 -0.115	$pH = 2.08 + 0.0039A + 0.1007C + 0.1067D$	94.82%
الكحول	C D A	+1.25 -0.926 +0.606	$Alcohol = -7.37 - 0.0026A + 0.293C + 0.159D$	94.94%

A - كمية السكر (g) B - كمية الشاي (g) C - درجة حرارة التخمير (°م) D - زمن التخمير (يوم)

تدلّ إشارة (+) في الجدول (6) على أنّ للعامل المدروس أثر إيجابي معنوي إحصائياً على الخاصية.

تدلّ إشارة (-) في الجدول (6) على أنّ للعامل المدروس أثر سلبي معنوي إحصائياً على الخاصية.

1- المواد الصلبة الذائبة (Brix):

توضح نتائج الدراسة الإحصائية في الجدول (6) أنّ خاصية الـ Brix تتأثر بالعاملين (كمية السكر، زمن التخمير) حيث لهما أثر معنوي إحصائياً بينما لم يكن لباقي العوامل أثر معنوي إحصائياً. ومن خلال النتائج العملية للتجارب في الجدول (5) يُلاحظ الآتي:

■ من التجارب رقم (1,2) وعند تثبيت العوامل (كمية السكر، كمية الشاي، درجة حرارة التخمير) وتغيير زمن التخمير من 5 يوم إلى 10 يوم، انخفضت قيمة البريكس من 4.1% إلى 3.7% أي بنسبة (0.4%) حيث تتفق هذه النتيجة مع دراسة أجراها [27] بين فيها انخفاض البريكس خطياً مع الزمن بشكل خاص من اليوم الثالث إلى اليوم العاشر من عملية التخمير. ويعزى السبب في ذلك إلى تخمر السكريات التي تعتبر مصدر للكربون بواسطة الكائنات الدقيقة الموجودة في البادئ أثناء عملية التخمير.

■ من التجارب رقم (3,4) وعند تثبيت العوامل (كمية الشاي، درجة حرارة التخمير، زمن التخمير) وتغيير كمية السكر الأولية المضافة من 50 غ إلى 100 غ، نلاحظ اختلاف واضح في قيمة البريكس في اليوم العاشر من التخمير حيث بلغت القيم 3.5% في المنتج النهائي عند إضافة 50 غ سكروز، بينما كانت 7.6% في المنتج النهائي عند إضافة 100 غ سكروز، وهذا يتفق مع دراسة أجراها [18] بين

فيها أنّ إضافة كمية كبيرة من السكر سوف تؤدي إلى الحصول على مشروب ذو درجة حلاوة عالية غير مرغوبة.

2- الرقم الهيدروجيني (pH):

توضح نتائج الدراسة الإحصائية في الجدول (6) أنّ قيمة الرقم الهيدروجيني تتأثر بالعوامل الثلاثة (كمية السكر، زمن التخمير، درجة حرارة التخمير) بينما نلاحظ أنه لا يوجد أثر لعامل كمية الشاي. ومن خلال النتائج العملية للتجارب في الجدول (5) يُلاحظ الآتي:

■ من التجارب رقم (1,2) وعند تثبيت العوامل (كمية السكر، كمية الشاي، درجة حرارة التخمير) وتغيير زمن التخمير من 5 يوم إلى 10 يوم، انخفضت قيمة (pH) من 3.521 إلى 3.451 أي بمقدار (0.07) وهذا يتفق مع دراسة أجراها [31] بيّن فيها انخفاض الرقم الهيدروجيني مع زيادة زمن التخمير ليصل إلى النقطة المثلى وفق دراسته (2.6) في اليوم العاشر. يعزى السبب في هذا الانخفاض بشكل أساسي إلى تشكل الأحماض العضوية خلال فترة التخمير والناجمة عن أكسدة الكحول الايتيلي المنشكل في بداية التخمير، وذلك بواسطة البكتريا الموجودة في البادئ.

■ من التجارب رقم (3,4) وعند تثبيت العوامل (كمية الشاي، درجة حرارة التخمير، زمن التخمير) وتغيير كمية السكر الأولية المضافة من 50 غ إلى 100 غ، نلاحظ اختلاف في قيمة الرقم الهيدروجيني في اليوم العاشر من التخمير حيث بلغت القيم 3.382 ، 3.281 على التوالي، وهذا يتفق مع دراسة أجراها [18] بيّن فيها أنّه عند استخدام السكر كمصدر أساسي للكربون في عملية التخمير سيكون حمض الأسيتيك هو المستقلب الغالب المنتج بالإضافة إلى إنتاج

الأحماض العضوية الأخرى مثل الجلوكونيك والجلوكورونيك أيضًا أثناء عملية التخمير والتي يزداد إنتاجها مع زيادة كمية السكر الأولية المضافة مما يسبب انخفاض قيمة pH .

- من التجارب رقم (5,6) وعند تثبيت العوامل (كمية الشاي، كمية السكر، زمن التخمير) وتغيير درجة حرارة التخمير من 22°م إلى 28°م، انخفضت قيمة الرقم الهيدروجيني من 3.342 إلى 3.074 ويعزى السبب في ذلك إلى ازدياد سرعة عملية التخمير بزيادة درجة الحرارة وبالتالي زيادة إنتاج الأحماض العضوية مما يؤدي إلى انخفاض قيمة الرقم الهيدروجيني. [26]

3- نسبة الكحول في العينات:

توضح نتائج الدراسة الإحصائية في الجدول (6) أنَّ نسبة الكحول الناتجة عن عملية التخمير تتأثر بالعوامل الثلاثة (كمية السكر، زمن التخمير، درجة حرارة التخمير) بينما نلاحظ أنه لا يوجد أثر لعامل كمية الشاي. ومن خلال النتائج العملية للتجارب في الجدول (5) يُلاحظ الآتي:

- من التجارب رقم (1,2) وعند تثبيت العوامل (كمية السكر، كمية الشاي، درجة حرارة التخمير) وتغيير زمن التخمير من 5 يوم إلى 10 يوم، انخفضت نسبة الكحول من 0.841% في اليوم الخامس إلى 0.558% في اليوم العاشر وهي قريبة من النسبة التي حصل عليها [15] في دراسته حيث بلغت نسبة الكحول (0.49%) في عينة كومبوتشا مخمرة ل 10 أيام عند 25°م. يعزى السبب بشكل أساسي في هذا الانخفاض إلى أنَّ البكتيريا السائدة في البادئ هي بكتيريا حمض الخل، وهي بكتيريا هوائية قادرة على استخدام الكحول كركيزة لتكوين

حمض الأسيتيك والأحماض العضوية الأخرى عن طريق أكسدته مما يؤدي إلى انخفاض نسبة الكحول مع زيادة زمن التخمير.

■ من التجارب رقم (3,4) وعند تثبيت العوامل (كمية الشاي، درجة حرارة التخمير، زمن التخمير) وتغيير كمية السكر الأولية المضافة من 50 غ إلى 100 غ، ازدادت نسبة الكحول من 0.681% إلى 0.725% في اليوم العاشر من التخمير، وهذا يتفق مع دراسة أجراها [16] بين فيها أن تركيز السكر الأولي يساهم في إنتاج الإيثانول وأن مستوى الإيثانول له علاقة إيجابية مع زيادة تركيز السكر حتى نقطة محددة. ويعود السبب في ذلك إلى أن السكر يعتبر مصدر أساسي للكربون في عملية التخمير يتم تفكيكه بواسطة أنزيمات الخمائر وإنتاج الكحول الإيثيلي وبالتالي زيادة الكمية المضافة منه توفر الكمية الكافية من الغذاء للخمائر الموجودة في البادئ والتي تقوم بتحويل السكر إلى كحول إيثيلي و CO_2 .

■ من التجارب رقم (5,6) وعند تثبيت العوامل (كمية الشاي، كمية السكر، زمن التخمير) وتغيير درجة حرارة التخمير من 22°م إلى 28°م، نلاحظ ارتفاع نسبة الكحول في المنتج من 0.723% إلى 1.582% في اليوم العاشر، ويتفق هذا مع دراسة أجراها [30] كان الهدف منها هو اختيار وتحسين ظروف عملية التخمير وتأثيرها على التغيرات الفيزيائية الكيميائية مع التركيز على تحديد محتوى السكر والكحول والحمض العضوي، حيث كانت نسبة الكحول 1.05% في عينة كومبوتشا مخمرة لمدة 10 أيام عند 20°م بينما كانت 1.10% في عينة كومبوتشا مخمرة عند نفس الظروف مع تغيير درجة الحرارة إلى 25°م. ويعزى السبب في ذلك بشكل أساسي إلى أن درجات الحرارة المرتفعة تعزز نمو الخميرة

وتزيد نشاطها وبالتالي تزداد سرعة عملية التخمير مما يؤدي إلى زيادة كمية الايتانول الناتجة. [26]

4- القدرة المضادة للأكسدة DPPH والمحتوى الفينولي الكلي:

يبين الجدول (7) نتائج اختبار القدرة المضادة للأكسدة والمحتوى الفينولي الكلي لعينة كومبوتشا المخمرة بأزمنة تخمير مختلفة.

الجدول (7): نتائج اختبار القدرة المضادة للأكسدة والمحتوى الفينولي الكلي لعينة كومبوتشا

الفينولات الكلية mg /l	القدرة المضادة للأكسدة %DPPH	زمن التخمير (يوم)	درجة الحرارة (C°)	كمية الشاي g/l	سكروز الأولي g/l
66.43	46.798	0	25	6.5	75
102.17	86.65	7.5			
98.03	89.69	10			

يُلاحظ من الجدول رقم (7) الآتي:

- ازدادت القدرة المضادة للأكسدة (DPPH) لعينة كومبوتشا مع زيادة زمن التخمير حيث بلغت (46.798%) لعينة الشاي قبل التخمير ثم ازدادت في اليوم 7.5 لتصل إلى (86.65%) واستمرت في الزيادة حيث بلغت في اليوم العاشر من التخمير (89.69%)، أي أنّ عملية تخمير الكومبوتشا خلال 10 أيام أدّت إلى ارتفاع القدرة المضادة للأكسدة بمقدار (42.892%)، وهذا يتفق مع دراسة أجراها [25] قارنت خصائص مضادات الأكسدة والمركبات النشطة بيولوجيًا التي ينتجها الشاي الأسود وشاي الكومبوتشا. أظهرت النتائج مستويات أعلى من مضادات الأكسدة والمركبات النشطة بيولوجيًا في شاي الكومبوتشا مقارنة بالشاي الأسود. حيث تم تقييم نشاط مضادات الأكسدة في مشروبات الكومبوتشا مع

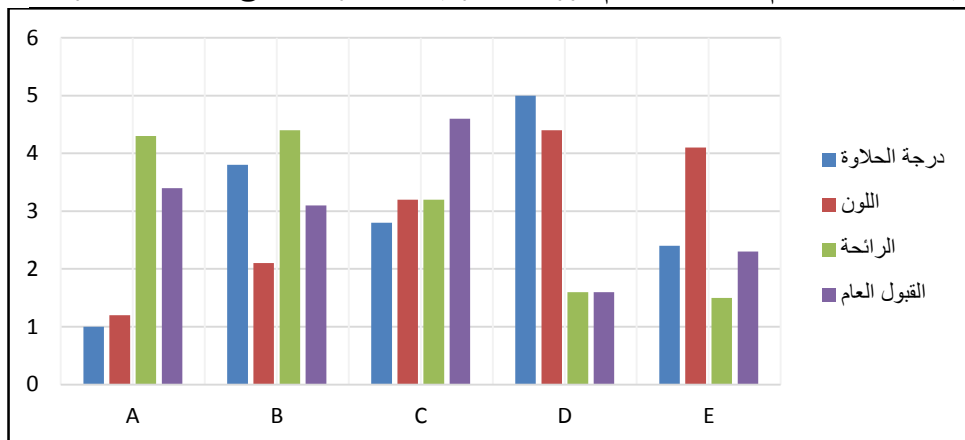
تعزيز وقت التخمر. وقد لوحظ أعلى نشاط مضاد للأكسدة (93.79%) في اليوم السابع من التخمر، ويعزى السبب في زيادة القدرة المضادة للأكسدة إلى حقيقة أن الإنزيمات التي تطلقها البكتريا والخميرة أثناء عملية التخمر تحلل البوليفينول المعقد إلى جزيئات صغيرة، مما يؤدي إلى زيادة إجمالي المركبات الفينولية والفلافونويدات التي تعتبر مضادات أكسدة عالية المستوى [33]. حيث أن القدرة المضادة للأكسدة تختلف من مركب لآخر ضمن المجموعة الواحدة وبالتالي لا تتوافق نفس مستويات المركبات الفينولية مع بعضها بقدرتها المضادة للأكسدة.

- بلغ محتوى الفينولات الكلية لعينة الشاي قبل التخمر (66.43 mg/l) ثم ازدادت في اليوم 7.5 لتصل إلى (102.17 mg/l) وانخفضت قليلاً بعدها حيث بلغت في اليوم العاشر من التخمر (98.03 mg/l)، أي أن عملية تخمر الكومبوتشا خلال 10 أيام أدت إلى ارتفاع محتوى الفينولات الكلية في العينة بمقدار (31.6 mg/l)، وهذا يتفق مع دراسة أجراها [15] تم فيها دراسة الملف الفينولي للكومبوتشا المنتج من تخمر الشاي الأخضر و الشاي الأسود عند 25°م لمدة 10 أيام إلى جانب تحديد قدرتها المضادة للأكسدة والأنشطة المضادة للبكتيريا، كانت النتيجة ازدياد إجمالي محتوى الفينول بنسبة تصل إلى 98%. يعزى السبب في زيادة محتوى الفينولات الكلية نتيجة عملية التخمر إلى التحلل البيولوجي لبوليفينول الشاي بواسطة الإنزيمات المتوفرة في البادئ أثناء التخمر، مما يؤدي إلى إطلاق جزيئات أصغر من الفينولات ذات أنشطة مضادة للأكسدة أعلى [15]. أما بالنسبة لانخفاض القليل في محتوى الفينول الكلي الذي حصل مع زيادة زمن التخمر ف يعزى السبب في ذلك إلى أكسدة فينولات الشاي

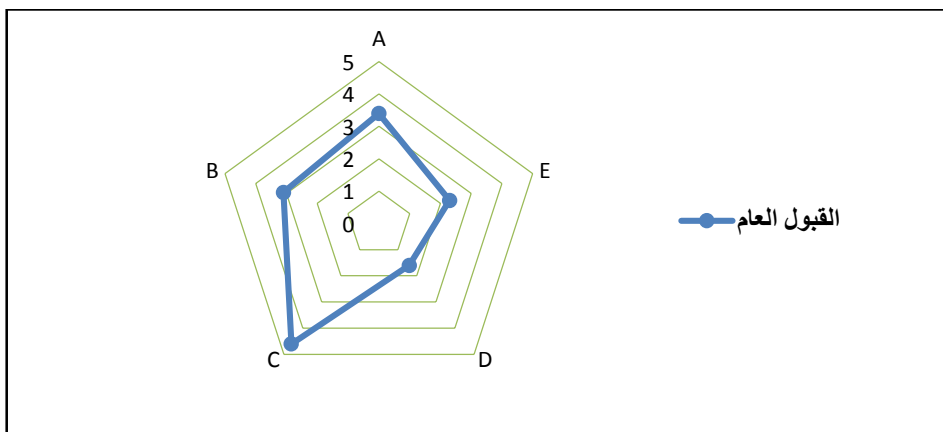
اعتمادًا على مستوى الأكسجين وانخفاض قيمة الرقم الهيدروجيني أثناء عملية التخمير حيث أنّ الزيادة في الحموضة تؤدي إلى تسريع أكسدة الفينولات. [22]

5- التقييم الحسي لعينات كومبوتشا:

يبيّن الشكل رقم (3) المتوسطات الحسابية لنتائج التقييم الحسي لعينات الكومبوتشا، فيما يظهر الشكل (4) نتائج القبول العام معروضة بنموذج التمثيل العنكبوتي. حيث لوحظ أنّ العينة C حصلت على أعلى درجات القبول أي يمكن اعتبارها العينة الأفضل من حيث التقييم الحسي وعلاوة على ذلك حققت العينة C (جدول-7) خصائص جيدة من حيث احتوائها على مكونات ذات خصائص وظيفية حيث بلغت نسبة مضادات الأكسدة (86.65%) ومحتواها من الفينول الكلي (102.17mg/l)، وقيمة رقم هيدروجيني [3.343- 3.435] pH وهي غير مسببة للضرر بالجهاز الهضمي، ونسبة كحول تتراوح بين [1.034-1.052] % (جدول-5)، وبالتالي استهلاكه بشكل معتدل يكون مفيد وصحي. وهذه النتيجة تتفق مع دراسة أجراها [30] حيث كانت ظروف التخمير المثلى للمشروب الكومبوتشا هي درجة حرارة 25°م وفترة 10 أيام مما مكن من الحصول على منتج ذو خصائص فيزيائية كيميائية وحسية جيدة. أما التخمير الذي يتجاوز 10 أيام، فسيؤدي إلى الحصول على مشروبات مذاقها أشبه بالخل وغير مرغوبة.



الشكل (3): نتائج التقييم الحسي لعينات الكومبوتشا



الشكل (4): القبول العام للعينات

الاستنتاجات والتوصيات

الاستنتاجات:

- 1- انخفضت قيم الرقم الهيدروجيني ومستوى البريكس لجميع عينات الكومبوتشا أثناء عملية التخمير متأثرة بعوامل التخمير المختلفة وأهمها زمن التخمير حيث انخفضت

القيم بزيادة زمن التخمير الذي يعتبر من أهم العوامل المحددة لخصائص المنتج النهائي.

2- ارتفعت نسبة الكحول في عينات الكومبوتشا خاصة في الأسبوع الأول من التخمير ثم انخفضت قليلاً مع زيادة زمن التخمير.

4- ارتفعت القدرة المضادة للأكسدة بعد عملية التخمير مقارنة مع عينة الشاي قبل التخمير، حيث ازدادت في عينة كومبوتشا مخمرة لمدة 10 أيام في درجة حرارة 25°م بنسبة (42.892%) مع زيادة زمن التخمير، وبلغت (89.69%) في نهاية عملية التخمير.

5- ارتفع محتوى الفينولات الكلية بعد عملية التخمير مقارنة مع عينة الشاي قبل التخمير، حيث بلغ في عينة كومبوتشا مخمرة لمدة 10 أيام في درجة حرارة 25°م (102.17mg/l) في اليوم السابع من التخمير، ومع استمرار عملية التخمير انخفض المحتوى الكلي للفينولات ليصل إلى (98.03 mg/l) في اليوم العاشر.

6- أظهرت نتائج التقييم الحسي أن العينة C المحضرة وفق المعايير التالية (75g/l) سكر و 6.5g/l شاي أسود والمخمرة لمدة 7.5 يوم عند درجة حرارة 25°م) حصلت على أعلى درجات التفضيل في التقييم الحسي من حيث القبول العام وبالتالي يمكن اعتماد معايير هذه العينة للحصول على مشروب الكومبوتشا بجودة حسية وخصائص وظيفية جيدة.

7- تم وضع نماذج رياضية تربط بين كل من (رقم الحموضة pH، الإيثانول، والبريكس) كتابع إلى (كمية السكر، كمية الشاي، درجة حرارة التخمير، زمن التخمير).

التوصيات:

- 1- المزيد من البحث حول حركية تخمر الكومبوتشا من أجل التمكن من تحديد المستقبلات المنتجة، ودراسة علاقتها بالأنشطة البيولوجية.
- 2- استخدام ركائز بديلة للشاي الأسود في تحضير الكومبوتشا ودراسة تأثير هذه الركائز على خصائص المشروب ومدى تقبل المستهلك المحلي له.
- 3- التوسع في دراسة الشروط المثلى وذلك لإنشاء معايير هوية للكومبوتشا وتوحيدها لضبط عملية الإنتاج ودراسة الشروط الملائمة لتخفيض كمية الإيثانول المنتج خلال عملية التخمر.
- 4- تحضير كومبوتشا بنكهات مختلفة بإضافة أصناف من الفاكهة أو أعشاب نباتية ودراسة تأثير هذه الإضافات على خصائص المشروب الكيميائية والحسية.

المراجع العلمية:

1 - المراجع العربية:

1. الباقوني محمد رياض، سعد مطانيس، 1997- كيمياء الأغذية، القسم العلمي. منشورات جامعة البعث، كلية الهندسة الكيميائية والبترولية، 263 صفحة.
2. نيوف محمد، 2017- مراقبة الجودة، القسم العملي. منشورات جامعة البعث، كلية الهندسة الكيميائية والبترولية، ص 192-179.

2-المراجع الاجنبية:

3. AOAC 17th edn,(2000),- Official Method 942.15 Acidity (Titrable) of fruit products read with A.O.A.C . Official method 920.149 Preparation of test sample.
4. AOAC,(2006)- Official Method 932.14.Solids in Syrups.Official Methods of Analysis of AOAC International, 18th Ed.AOAC International, Gaithersburg,MD,USA.
5. Ayed, L., Ben Abid, S., Hamdi, M. (2016). Development of a beverage from red grape juice fermented with the Kombucha consortium. Annals of Microbiology. 67, 111–121.
6. Antolak, H., Piechota, D., Kucharska, A.(2021). Kombucha Tea—A Double Power of Bioactive Compounds from Tea and Symbiotic Culture of Bacteria and Yeasts (SCOBY). Antioxidants. 10, 1541.
7. Blanc, P. J. (1996). Characterization of the tea fungus metabolites. Biotechnology Letters, 18 (2), 139–142.
8. Bauer-petrovska, B., Petrushevska-tozi, L. (2000). Mineral and water soluble vitamin content in the Kombucha drink. International Journal of Food Science and Technology, 35, 201–205.
9. Butt, S., Sultan, M. (2009). Green tea: Nature's defense against malignancies. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 49: 463-473.

10. Battikh, H., Bakhrouf, A., & Ammar, E. (2012). Antimicrobial effect of Kombucha analogues. *LWT - Food Science and Technology*, 47(1), 71–77.
11. Chen, C., Liu, B. Y. (2000). Changes in major components of tea fungus metabolites during prolonged fermentation. *Journal of Applied Microbiology*, 89 (5), 834–839.
12. Chu, S. C., Chen, C. (2006). Effects of origins and fermentation time on the antioxidant activities of Kombucha. *Food Chemistry*, 98(3), 502–507.
13. Crum, H., LaGory, A. (2016). *The Big Book of Kombucha: Brewing, Flavoring, and Enjoying the Health Benefits of Fermented Tea*. Storey Publishing: North Adams, MA, USA, p. 400.
14. Coton, M., Pawtowski, A., Taminiau, B., Burgaud, G., Deniel, F., Coulloume-Labarthe, L., Coton, E. (2017). Unraveling microbial ecology of industrial-scale Kombucha fermentations by metabarcoding and culture-based methods. *Fems Microbiology Ecology*, 93(5), 1–16.
15. Cardoso, R.R., Neto, R.O., Santos D'Almeida, C.T., Nascimento, T.P., Pressete, C.G., Azevedo, L., Martino, H.S.D., Cameron, L.C., Ferreira, M.S.L., de Barros, F.A.R.(2019). Kombuchas from green and black teas have different phenolic profile, which impacts their antioxidant capacities, antibacterial and antiproliferative activities. *Food Research International* 128, 10-17.
16. Fauzi, M., Ihsani, N., Hernahadini, N. (2021). The variation of ethanol concentration and kombucha characterization on several incubation periods The variation of ethanol concentration and kombucha characterization on several incubation periods. *Journal of Physics: Conference Series*.
17. Grumezescu, A.M., Holban, A.M. (2019). “Fermented beverages” *The science of beverages*, volume 5, chapter 10 pp. 401-425.
18. Goh, W.N., Rosma, A., Kaur, B., Fazilah, A., Karim A.A., Bhat, R.(2012). Fermentation of black tea broth (Kombucha): I. Effects of sucrose concentration and fermentation time on

- the yield of microbial cellulose. *International Food Research Journal* 19(1): 109-117.
19. Hayat, K., Iqbal, H., Malik, U., Bilal, U., Mushtaq, S. (2013). Tea and Its Consumption: Benefits and Risks. *Critical reviews in food science and nutrition*. 55.
 20. Hur, S. J., Lee, S. Y., Kim, Y.-C., Choi, I., & Kim, G.-B. (2014). Effect of fermentation on the antioxidant activity in plant-based foods. *Food Chemistry*, 160, 346–356.
 21. Jayabalan, R., Marimuthu, S., & Swaminathan, K. (2007). Changes in content of organic acids and tea polyphenols during Kombucha tea fermentation. *Food Chemistry*, 102 (1), 392–398.
 22. Jayabalan, R., Malbasa, R., Loncar, E.S., Vitas, J.S., Sathishkumar, M. (2014). A review on Kombucha tea-microbiology, composition, fermentation, beneficial effects, toxicity, and tea fungus. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13 (4), 538–550.
 23. Jayabalan, R., Malbaša, R.V., Sathishkumar, M. (2016). Kombucha. *Reference Module in Food Science* 1–8.
 24. Kumar, V., Joshi, V. K. (2016). Kombucha: Technology, microbiology, production, composition and therapeutic value. *International Journal of Food and Fermentation Technology*, 6(1), 13.
 25. Lobo, R.O., Dias, F., Shenoy, C.K.(2017). Kombucha for healthy living, evaluation of antioxidant potential and bioactive compounds. *Int Food Res J*, 24, 541-546.
 26. Lončar, E., Djurić, M., Malbaša, R., Kolarov, L. J., Klašnja, M. (2006). Influence of working conditions upon Kombucha conducted fermentation of black tea. *Food and Bioproducts Processing*, 84 (3), 186–192.
 27. Malbaša, R., Lončar, E., Djurić, M.(2008). Comparison of the products of Kombucha fermentation on sucrose and molasses. *Food Chemistry - FOOD CHEM*. 106. 1039-1045.
 28. Massoud, R., Jafari-Dastjerdeh, R., Naghavi, N., Khosravi-Darani, K. (2022). All aspects of antioxidant properties of kombucha drink. *Biointerface Research in Applied Chemistry*. Volume 12, 4018-4027.

29. Nguyen, N. K., Nguyen, P. B., Nguyen, H. T., & Le, P. H. (2015). Screening the optimal ratio of symbiosis between isolated yeast and acetic acid bacteria strain from traditional Kombucha for high-level production of glucuronic acid. *LWT -Food Science and Technology*, 64(2), 1149–1155.
30. Neffe-Skocińska, K., Sionek, B., Ścibisz, I., Kołożyn-Krajewska, D.(2017). Acid contents and the effect of fermentation condition of Kombucha tea beverages on physicochemical, microbiological and sensory properties. *CyTA J. Food* 15 (4), 601–607.
31. Shade, A. (2011). The Kombucha Biofilm: A Model System for Microbial Ecology.
32. Silva, J., Mafaldo, Í., Brito, I., Cordeiro, A. (2022). Kombucha: Formulation, chemical composition, and therapeutic potentialities. *Current Research in Food Science*. 5, 360-365.
33. Srihari, T., Karthikesan, K., Ashokkumar, N., Satyanarayana, U. (2013). Antihyperglycaemic efficacy of kombucha in streptozotocin-induced rats. *J. Funct. Foods* 5 (4), 1794–1802.
34. Villarreal-Soto, S. A., Beaufort, S., Bouajila, J., Souchard, J.P., Taillandier, P.(2018).Understanding kombucha tea fermentation: a review. *Journal of Food Science*, vol. 83, no. 3, pp. 580–588.
35. Watawana, M. I., Jayawardena, N., Gunawardhana, C. B., Waisundara, V. Y. (2015). Enhancement of the antioxidant and starch hydrolase inhibitory activities of king coconut water (*Cocos nucifera* var. *aurantiaca*) by fermentation with Kombucha “tea fungus.” *International Journal of Food Science & Technology*, 51(2), 490–498
36. Watawana, M. I., Jayawardena, N., Ranasinghe, S. J., Waisundara, V. Y. (2016). Evaluation of the Effect of Different Sweetening Agents on the Polyphenol Contents and Antioxidant and Starch Hydrolase Inhibitory Properties of Kombucha: Alternative Sweeteners for Kombucha. *Journal of Food Processing and Preservation*,41(1).
37. Pisoschi.A.M., Cheregi, M.C., Danet.A.F.(2009).Total Antioxidant capacity of some commercial fruit juices:

- Electrochemical and Spectrophotometrical Approaches. Melecules.14(1),480-493.
38. Singleton,V.L.,Orthofer,R., Lamuela-Raventos,R.M.(1999).[14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent.Methods in enzymology,Academic pree,299,152-178.

تأثير السبيرولينا (Spirulina) في الخصائص الفيزيائية والكيميائية والحسية للبن الرائب

كاتيا الياس (1) عبد الوهاب مرعي (2) شريف صادق (2)

الملخص:

تم في هذا البحث دراسة التأثيرات الفيزيائية، الكيميائية والحسية لإضافة السبيرولينا بنسب (0.1%-0.9%-0.7%-0.5%-0.3% إلى اللبن المتخمر من حيث التغيرات في التركيب الكيميائي، الخواص الحسية، القوام، اللون، الحموضة، والقيمة الغذائية.

أجريت تجارب التخمر اللبني على الحليب البقري كتجربة شاهد وعينات الحليب المضاف إليه سبيرولينا بالنسب السابقة عند الدرجة 45°C وإضافة البادئ اللبني بنسبة 3%، بعد انتهاء التخمر اللبني عند قيمة الحموضة (pH) 4.6 تم تقييم جميع العينات حسيًا و كيميائيًا و فيزيائيًا، و تبين من النتائج أن تدعيم اللبن بالسبيرولينا أدى إلى ارتفاع نسبة الدسم، البروتين، المواد الصلبة والمواد الصلبة اللادھنية في العينات المدروسة بزيادة تركيز السبيرولينا المضاف وبالتالي رفع القيمة الغذائية للبن و تحسين الخواص الفيزيائية والكيميائية، كما أدت هذه الإضافات إلى تقليل وقت التخثر (الترويب) وكمية المصل المنفصل.

أظهرت عينات اللبن المدعم بنسبة 0.5% سبيرولينا قبولاً حسيًا أعلى مقارنة بالمعاملات الأخرى لذلك يمكن اعتماد نسبة 0.5% كنسبة إضافة مناسبة لإنتاج لبن متخمر مرتفع القيمة الغذائية.

(1) طالبة دكتوراه في قسم الهندسة الغذائية-كلية الهندسة الكيميائية والبترولية-جامعة حمص

(2) أستاذ في قسم علوم الأعذية-كلية الزراعة-جامعة دمشق.

(3) أستاذ في قسم الهندسة الغذائية-كلية الهندسة الكيميائية والبترولية-جامعة حمص.

The Effect of Spirulina on the Physical, Chemical, and Sensory Properties of Yogurt

Katia Elias⁽¹⁾

Abdul Wahab Marei⁽²⁾

Sharif Sadik⁽²⁾

Abstract:

This study investigated the physical, chemical, and sensory effects of adding Spirulina at concentrations of (0.1%, 0.3%, 0.5%, 0.7%, 0.9%) to fermented yogurt, focusing on changes in chemical composition, sensory properties, texture, color, acidity, and nutritional value.

Fermentation experiments were conducted on cow's milk as a control sample, along with milk samples supplemented with Spirulina at the specified concentrations. The fermentation was carried out at 45°C with the addition of a 3% lactic starter. After fermentation was completed at pH = 4.6, all samples were evaluated physically, chemically, and sensorially.

The results showed that fortifying yogurt with Spirulina increased fat content, protein, total solids, and non-fat solids in the studied

samples, with a higher Spirulina concentration leading to improved nutritional value and enhanced physical and chemical properties. Additionally, these additions reduced coagulation (curdling) time and the amount of separated whey.

Yogurt samples fortified with 0.5% Spirulina received the highest sensory acceptance compared to other treatments. Therefore, a 0.5% Spirulina addition can be considered an optimal concentration for producing high–nutritional–value fermented yogurt.

Keywords: Lactic Fermentation, Spirulina , Nutritional value
,Fortified fermented yogurt.

- (1) PhD student at Food Engineering Department– Faculty of Chemical and Petroleum Engineering–Homs University
- (2) Professor at Food Science Department– Faculty of Agriculture– Damascus University
- (3) Professor at Food Engineering Department– Faculty of Chemical and Petroleum Engineering–Homs University

أولاً: المقدمة و الدراسة المرجعية:

عرف الإنسان منذ زمن بعيد أن الحليب يتخمر ويصبح ذا طعم حامض بعد الحصول عليه من ضرع الحيوان اللبون بوقت قصير، وهذا الحليب الحامضي يمكن حفظه والتغذية عليه لعدة أيام دون أن تحصل فيه تغيرات غير مرغوبة. كما اكتشف الإنسان أن عملية التخمر هذه تساهم في حفظ الحليب وحمايته من الفساد بفعل البكتيريا المحللة لبروتين الحليب وبعض أنواع البكتيريا التي لا تستطيع النمو في الأوساط الحامضية (عطرة، 2014) (Yerlikaya et al., 2023)، و يعرف اللبن المتخمر بأنه منتج ألبان غني بالمغذيات ويحتوي على بكتيريا نافعة تعزز الصحة الهضمية والمناعية. وفقاً للتشريع الغذائي لمنظمة الأغذية والزراعة الدولية FAO ومنظمة الصحة OMS عام 1977 يصنع اللبن الرائب عن طريق تخمر الحليب بفعل بكتيريا حمض اللبن المخصصة وأهمها : *Lactobacillus Bulgaricus* , *Streptococcus Thermophilus* المضافة إلى الحليب المبستر والمركز جزيئاً أو المتعرض لعملية فرز جزيئية مع أو بدون مسحوق الحليب ويجب أن تبقى البكتيريا في المنتج النهائي على الحالة الحية وبعدد كبير حيث تخمر سكر اللاكتوز ويتم إنتاج حمض اللبن وفق المعادلة :



بالإضافة إلى مركبات أخرى مثل : حمض السكسينيك ، حمض الخل والكحول الإيثيلي بتوفر شروط مناسبة من حرارة ورطوبة وغذاء (صادق، 2005).

زاد الاهتمام مؤخراً بتنشيط البادئ اللبني ورفع القيمة الغذائية للبن المتخمر من خلال إضافة مكونات ذات قيمة صحية عالية، مثل الطحالب الدقيقة (الإشنيات microalgae) ، تعد السبيرولينا واحدة من أشهر هذه الطحالب، حيث تحتوي على نسبة عالية من

البروتينات، الفيتامينات، المعادن، والأحماض الأمينية الأساسية (Narayana and Kale.,2019).

تعتبر السبيرولينا من الأشنيات الخضراء المزرقة التي تتواجد في الماء، ويُعتقد أول خلية نبتت على وجه الأرض قبل 3.5 مليار سنة وهي 24000 نوع، ولكن لا يصلح للأكل سوى نوعان فقط هما *S.platensis* و *S.maxima*، يعد هذان النوعان من أكثر الأنواع شيوعاً في الاستهلاك البشري كمضاف غذائي، لسهولة هضمهما، وافتقارهما لوجود السيللوز في الجدر الخلوية، ويعد تناولهما آمن، فهما لا يؤديان إلى أي تأثيرات جانبية ملحوظة (Ahsan and Habib.,2008).

تأتي أهمية السبيرولينا كونها غذاء قلوي يحافظ على pH الجسم في حالة توازن مثالية، يحتوي على أكثر من 100 عنصر غذائي كالحموض الأمينية التي تتراوح ما بين 70%-65% بروتين كامل، و يعادل أكثر من 3-4 أضعاف السمك أو اللحم، كما تحتوي على الفيتامينات أهمها B_{12} أكثر بـ 4 مرات من الكبد، و عدد كبير من الصبغات المهمة مثل الكلوروفيل و البيتا كاروتين بالإضافة إلى مجموعة كبيرة من الأملاح المعدنية ومحتواها من الحديد أعلى بـ 58 ضعفاً من السبانخ، و 28 مرة من كبد البقر الطازج (Ahsan and Habib.,2008) هذه الأسباب شجعت على دمجها مؤخراً في صناعة الأغذية، والمضافات العلفية، والطب، والقطاع الصيدلاني. لغناها بالمكونات الغذائية العالية (Hoseini et al.,2013).

أوصت كل من الإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء (ناسا) ووكالة الفضاء الأوروبية (ESA)، باستخدام السبيرولينا كأحد الأطعمة الرئيسية خلال مهمات الفضاء طويلة المدى، حيث عندما تتحول الخلايا الطحلبية أو خيوط سبيرولينا إلى مسحوق، يمكن أن تمنح الأساس لمجموعة متنوعة من المنتجات الغذائية، مثل الحساء و الصلصات، الألبان

المتخمرة، المعكرونة والأطعمة الخفيفة، المشروبات سريعة التحضير. النودلز والبسكويت والكعك والوصفات الأخرى (Ahsan and Habib.,2008).

إضافة السبيرولينا إلى اللبن الرائب :

استفاد (Malik et al., 2013) من القيمة الغذائية العالية للسبيرولينا كونها مصدر غني بالأحماض الأمينية والدهون الأساسية وغيرها من العناصر و أضافها إلى اللبن المتخمر بنسب (0.1%-0.2%-0.3%-0.5%) بهدف تحسين القيمة الغذائية والوظيفية للبن دون التأثير السلبي على جودته الحسية لاحظ الباحث زيادة محتوى البروتين والدهون والحديد ، تحسن قوام الخثرة و كذلك زيادة في الحموضة وانخفاض في وقت الإعداد مع زيادة التركيز، كما منحت السبيرولينا اللبن لونًا أخضر فاتحًا طبيعيًا. حصل اللبن المحتوي على 0.3% سبيرولينا على درجات مقاربة للبن العادي من حيث القبول الحسي، مع احتفاظه بالبكتيريا اللبنية بنسبة أعلى أثناء التخزين عند 4°م.

استخدم (Barkallah et al., 2017) السبيرولينا كمكون طبيعي لتدعيم اللبن بالعناصر الغذائية بأربع نسب مختلفة (1%, 0.75%, 0.5%, 0.25%) أدى استخدام 0.25% من السبيرولينا إلى تسريع عملية التخمير مع الحفاظ على القبول الحسي وزيادة النشاط المضاد للأكسدة. كما أظهرت الاختبارات قدرة أعلى على الاحتفاظ بالماء وانخفاضًا في ظاهرة انفصال مصل اللبن و ثباتًا عاليًا للون خلال 28 يومًا من التخزين. وخلال هذه الفترة، أظهر اللبن الملون تغيرات طفيفة جدًا في مؤشرات اللون L^* ، a^* و b^* ، مما يعكس الثبات القوي للون سبيرولينا بفضل محتواه العالي من الصبغات، بالتالي يمكن استخدام السبيرولينا لتطوير لبن مدعم بالمركبات الحيوية النشطة كبديل صحي عن الإضافات الصناعية، مما يجعله منتجًا غذائيًا مفيدًا يلبي رغبات المستهلكين.

أضاف (Agustini et al., 2017) *S. platensis* بنسب 1%-0.75%-0.5% (3%-2% بهدف تحديد أفضل تركيز للسيرولينا في اللبن ومراقبة خصائصه الكيميائية والفيزيائية والميكروبيولوجية والحسية. ووفقاً للنتائج، كان أفضل تركيز مضاف هو 1%، حيث تم قبوله من قبل لجنة التذوق وفقاً لاختبار التفضيل الحسي. بعد ذلك، تم مقارنة أفضل عينة (1% *S. platensis*) مع عينة الشاهد (0% *S. platensis*)، أظهر اللبن المدعم بإضافة 1% من *S. platensis* اختلافاً معنوياً عن عينة الشاهد من حيث محتوى البروتين، اللزوجة، وإجمالي بكتيريا حمض اللاكتيك، لكنه لم يظهر أي اختلاف من حيث محتوى الماء، الرماد، الكربوهيدرات، الدهون، إجمالي حمض اللاكتيك، درجة الحموضة، التقييم الحسي، كما أنه توافق مع المواصفات القياسية الوطنية الإندونيسية.

أشار (Debbabi et al., 2019) إلى إمكانية تعزيز القيمة الغذائية للبن دون التأثير على خصائصه الحسية من خلال إضافة السبيرولينا بنسب تتراوح بين (0.5%-0.1%) إلى الحليب المبستر قبل التخمير اللبني حيث زادت البروتينات حتى 46% والمعادن 23% عند إضافة (0.24%-0.12%) سبيرولينا دون التأثير على درجة الحموضة أو معدل انفصال المصل.

ثانياً: هدف البحث:

هدف البحث إلى:

1. دراسة تأثير السبيرولينا في الخصائص الفيزيائية والكيميائية والحسية للبن المتخمّر .

2. تحديد التركيز المفترض من السبيرولينا بهدف رفع القيمة الغذائية للبن و إمكانية الحصول على منتج جديد مقبولا لدى المستهلكين .

ثالثاً: المواد وطرائق البحث:

3-1- المواد المستخدمة:

لإنجاز هذا البحث استخدمت المواد التالية :

1- سبيرولينا (*Spirulina platensis*) إنتاج شركة Dxn الماليزية، تم الحصول عليها بإكثار الإشتيات بمزارع خاصة في ماليزية (مستوردة).

2- حليب بقري مبستر مجنس مضبوط الدسم إنتاج معمل ألبان حمص وذلك لضمان ثبات التركيب الكيميائي للحليب المستخدم في تحضير جميع العينات.

3- بادئ اللبن الرائب: هو بكتيريا حمض اللبن نقي (إنتاج شركة بيوتيك-إيطاليا) إنتاج مختبرات شركة أمنة-سوريا-حمص-مدينة حسياء الصناعية والمكون من بكتيريا *Lactobacills bulgaricus* , *Streptococcus thermophiles* بنسبة 1:1.

4- المواد الكيميائية الضرورية لعملية تحليل كل من الحليب وعينات اللبن (ماءات الصوديوم -ميثانول-حمض الكبريت المركز-قورمول).



- الأجهزة و الأدوات الكهربائية اللازمة لعملية التحضير و التحليل:

جدول (1) الأجهزة و الأدوات الكهربائية اللازمة

الموديل	اسم الجهاز
Raypa	مجفف
Memert شاشة رقمية	حمام مائي
Kelvin	مرمدة
M Milwiukee	جهاز قياس درجة الحموضة pH
J.B Selecta	حاضنة
Heraeus	حاضنة
Spectrophotometer CM-5 Uv, Visible light	جهاز قياس اللون
Raypa	الأوتوغلاف

3-2- الطرائق المستخدمة:

3-2-1- تجربة التخمر اللبني:

خطوات العمل :

1-أخذ 1000ml من الحليب البقري ووضع في حمام مائي مع مراقبة درجة حرارة الحليب حتى تصبح 95م° ، تُرك عند هذه الدرجة لمدة 5 دقائق من أجل عملية البسترة .



2- تم تقسيم الحليب لعدة عينات (كل عينة 100ml) وعند انخفاض درجة الحرارة إلى 45م°تمت إضافة السبيرولينا بنسبة % (0.9-0.7-0.5-0.3-0.1-0) مع التحريك والمزج بشكل جيد حتى التأكد من ذوبان كامل الكمية.

3- أُضيف البادئ اللبني بنسبة 3% لكل عينة (بعد ذوبان السبيرولينا والتأكد من درجة حرارة الحليب 45م°) مع التحريك ببطء بعدها تم نقل محتوى البيشر إلى العبوات الزجاجية المعقمة مسبقاً و أغلقت بشكل جيد وسميت العينات وفق الجدول (2) :

الجدول(2) تسمية عينات اللبن وفق نسب السبيرولينا المضافة قبل التخمر اللبني.

رمز العينة	العينة
A	حليب خام
B	حليب متخمّر (لبن)
C	حليب متخمّر + 0.1% سبيرولينا

حليب متخمّر + 0.3% سبيروولينا	D
حليب متخمّر + 0.5% سبيروولينا	E
حليب متخمّر + 0.7% سبيروولينا	F
حليب متخمّر + 0.9% سبيروولينا	G



4- وُضعت العبوات في الحاضنة بدرجة حرارة 45°م مدة 3-4 ساعات مع مراقبة قيمة pH بشكل مستمر كل ساعة حتى pH=4.6 ، وكذلك تمت عملية التخمّر مع مراقبة دائمة لدرجة حرارة الحاضنة .



5- نُقلت العينات من الحاضنة لجو الغرفة الداخلي و تُركت حتى انخفضت درجة حرارتها لدرجة حرارة الغرفة.



6- حُفظت العينات في البراد عند الدرجة 4°م (مقاس بميزان حرارة) إلى اليوم التالي بعدها تم إجراء الاختبارات الكيميائية والفيزيائية مع أخذ الحذر في العمل والسرعة في الانجاز تحسباً لأي تغير في مواصفات اللبن المتخمر نتيجة تعرضه للظروف الجوية العادية.

3-2-2-الاختبارات الفيزيائية والكيميائية:

تم إجراء التجارب العملية والتحليل المخبرية في مخابر قسم الهندسة الغذائية ومخابر قسم الهندسة الزراعية في جامعة حمص (ثلاث مكررات) وحُددت النتائج عن طريق الاختبارات والتجارب التالية:

- الرطوبة: بطريقة التجفيف عند الدرجة 105°م حتى ثبات الوزن. (AOAC (1990).
- المادة الدسمة: وفق طريقة جريب (AOAC 1990).
- تقدير البروتينات: وفق طريقة كلدال (AOAC 1990).
- الكازئين : وفق (Mourad1.,2014).
- الرماد : وفق (Mourad1.,2014).
- رقم الحموضة (pH): باستخدام مقياس pH meter.
- الحموضة المعاييرة: وفق طريقة المعاييرة بمحلول 0.01N NaOH وحسابها كنسبة مئوية مقدرة على أساس حمض اللبن.
- الكربوهيدرات : وفق (Mourad1.,2014).
- تقدير نسبة المصل المنفصل (AL-Kadmany et al.,2003) .
- اختبار اللون: باستخدام جهاز Spectrophotometer CM-5.

3-2-3- الاختبارات الحسية :

تعتبر الخواص الحسية للبن مهمة في قبول المستهلك للمنتج ، يؤثر لون اللبن الملمس ، المظهر ، النكهة وفصل المصل بشكل كبير على القبول العام للبن المتخمر .

وفقاً لذلك تم إجراء عملية تقييم حسي للعينات (اللون-الطعم-الرائحة-القبول العام) من قبل مجموعة من الأشخاص المتدوقين وفق (Suresh et al.,2021).

رابعاً: النتائج والمناقشة:

4-1- نتائج الاختبارات الكيميائية:

- يبين الجدول (3) التركيب الكيميائي للحليب البقري المستخدم.

الجدول (3): التركيب الكيميائي للحليب البقري المستخدم

المكونات	الحليب البقري وزناً
الرطوبة	87.67±0.1
المادة الصلبة	12.33±0.1
البروتين	3.31±0.1
الكازئين	2.64±0.1
المادة الدسمة	3.7±0.1
الكربوهيدرات	4.8±0.1
الرماد	0.52±0.05
رقم pH	6.72±0.1
الحموضة الكلية	0.18±0.01

- يبين الجدول (4) التركيب الكيميائي للسبيرولينا المستخدم.

الجدول (4): التركيب الكيميائي للسبيرولينا وفقاً للشركة المنتجة

المكون	النسبة %	المكون	النسبة %
بروتين	65	معادن	8
كربوهيدرات	15	كاروتينات	346mg/100ml
دسم	6		

سلسلة العلوم الهندسية البترولية والكيميائية			مجلة جامعة حمص
د. شريف صادق	د. عبد الوهاب مرعي	كاتيا الياس	المجلد 47 العدد 2 عام 2025
		0.75	فيتامينات

4-2- نتائج الاختبارات الفيزيائية :

تمت عملية تقييم عينات اللبن المدروسة (B,C,D,E,F,G) باستخدام جهاز Spectrophotometer CM-5 بعد معايرة الجهاز، تم تحديد متوسط القيمة من خلال أخذ 3 قراءات للعينة نفسها ثم تم تسجيل قيم L^* , a^* , b^* .

- يبين الجدول (5) التغيرات في قيم اللون لـ عينة اللبن المتخمر B وعينات اللبن المتخمر المدعم بالسبيرولينا (C,D,E,F,G).

الجدول (5): تغيرات قيم اللون في العينات B,C,D,E,F,G

العينات						اللون
0.9%	0.7%	0.5%	0.3%	0.1%	0%	
67.44	70.10	76.96	77.96	82.80	89.90	L^*
-10.45	-9.62	-8.69	-7.18	-5.87	0.26	a^*
-0.90	-0.48	-0.47	1.79	3.68	11.17	b^*

L^* : يشير إلى السطوع .

a^* : يشير الرمز a^+ إلى اللون الأحمر أما الرمز a^- إلى اللون الأخضر .

***b:** يشير الرمز b^+ إلى اللون الأصفر أما الرمز b^- إلى اللون الأزرق.

قياس لون عينات اللبن الرائب:

نظرًا للتأثير المهم لألوان منتجات الألبان على قبول المستهلك (Dönmez et al., 2017)، تم قياس معايير اللون (a^* ، b^* ، L^*) لعينات اللبن (الجدول). يوضح الجدول (5) تغيرات مؤشر L^* (السطوع) مع فترة التخزين (15 يومًا) لكل من اللبن العادي واللبن المدعم بـ سبيرولينا.

تشير قيم L^* إلى أن عينة اللبن العادي (B) تمتلك درجات سطوع أعلى مقارنةً بعينات اللبن المدعمة بالسبيرولينا C,D,E,F,G. بالنسبة لهذه العينات، كانت الفروقات المرتبطة بمؤشر L^* منخفضة مما يشير إلى أن الملون المستخدم في هذه الدراسة لم يُظهر ميلًا لتفتيح لون العينات خلال 15 يومًا من التخزين

تشير قيم a^- إلى اللون الأخضر و قيم b^- إلى اللون الأزرق يظهر الجدول (3) أن قيم a^- و b^- في العينات تزداد مع زيادة نسبة السبيرولينا لتكون أعلى قيمة في العينة G التي تحوي 0.9% سبيرولينا مقارنة مع عينات C,D,E,F الحاوية على سبيرولينا وعينة اللبن المتخمر B، يمكن تفسير ذلك بشكل أساسي بفضل غنى السبيرولينا بالكلوروفيل، بناءً على تقييم النتائج حول معايير اللون المدروسة، يمكننا القول إن أصباغ سبيرولينا قد تكون مفيدة كمكونات طبيعية في منتجات الألبان.

- يبين الجدول (6) تأثير إضافة السبيرولينا في قيم (الحموضة - رقم الحموضة - كمية المصل المنفصل - زمن التخثر) لكل من عينة اللبن المتخمر B وعينات اللبن المدعم بالسبيرولينا C,D,E,F,G.

الجدول (6): تأثير إضافة السيروولينا في قيم كل من (الحموضة-رقم الحموضة-كمية المصل-
زمن التخثر للعينات (B-C-D-E-F).

تركيز السيروولينا	pH	كمية المصل المنفصل (مل)	زمن التخثر (hr)	حمض اللبن الكلي
0%(B)	4.6	10	4hr	0.741
0.1%(C)	4.6	10	4hr	0.741
0.3%(D)	4.6	9	3hr and 50min	0.76
0.5%(E)	4.6	8.5	3hr and 45min	0.79
0.7%(F)	4.6	8	3hr and 40min	0.83
0.9%(G)	4.6	7.8	3hr and 35min	0.86

يظهر الجدول (6) أن نسبة انفصال المصل انخفضت من 10ml في اللبن العادي إلى 7.8ml عند إضافة 0.9% من السيروولينا، مما حسن من استقرار المنتج.

أظهرت العينات E,F,G قدرة أفضل على الاحتفاظ بالماء و قلت كمية المصل المنفصل وبالتالي توافقت النتائج مع (Malik et al., 2013) الذي لاحظ زيادة قوة تماسك اللبن المتخمر (تحسين القوام) مع زيادة نسبة السيروولينا.

يعود السبب في ذلك إلى أن السيروولينا غنية بالمواد المغذية المنشطة للبادئ اللبني كالبروتينات، السكريات المعقدة، الفيتامينات، المعادن، والمواد النشطة بيولوجيًا، عند إضافتها إلى المنتجات الغذائية أو المحاليل المختلفة، قد تؤثر على استقرار البروتينات وتوزيع الماء، مما يؤدي إلى قوام أفضل و تقليل كمية المصل المنفصل، وهذه البروتينات

يمكن أن تتفاعل مع بروتينات أخرى في الوسط الغذائي، مما يعزز من تكوين شبكة بروتينية أكثر استقرارًا تحد من انفصال المصل، كما أن الأحماض الأمينية الحرة الموجودة في السبيرولينا قد تسهم في تحسين التشابك البروتيني، مما يقلل من فصل الماء. كما تحتوي على مركبات سطحية نشطة مثل الليبيدات الفوسفورية، التي تساعد في تعزيز الاستحلاب وتحسين توزيع الدهون، مما يقلل من انفصال الطور المائي (المصل).

يظهر الجدول (6) أنه مع زيادة السبيرولينا من 0 إلى 0.9 % زادت الحموضة وانخفض الرقم الهيدروجيني المقابل وأدى ذلك إلى انخفاض زمن التخمر وكانت قيم كل من الحموضة ودرجة الحموضة في جميع العينات ضمن المعايير، انخفض رقم الـ pH في العينة G من 4.55 إلى 4.39 زادت كمية حمض اللبن المتشكل من 0.741 إلى 0.86 كما قل الزمن اللازم للتخمر ليصبح 3hr,35min بدلا من 4hr يُعزى ذلك إلى نشاط بكتيريا حمض اللاكتيك الموجودة في اللبن، حيث تقوم هذه البكتيريا بتحويل السكريات إلى أحماض عضوية، مما يزيد من حموضة الوسط ويخفض الرقم الهيدروجيني عند إضافة السبيرولينا التي تحتوي على مغذيات تحفز نشاط هذه البكتيريا، وتزيد إنتاج الأحماض، مما يؤدي إلى زيادة الحموضة الكلية وانخفاض الرقم الهيدروجيني.

- يبين الجدول (7) تأثير إضافة السبيرولينا على التركيب الكيميائي لعينة اللبن المتخمر B وعينات اللبن المدعم بالسبيرولينا بنسبة 0.1% (C) ونسبة 0.3% (D).

جدول (7): التركيب الكيميائي لعينات اللبن المتخمر B وعينات اللبن المدعم C, D.

المكون	B	C	D
ماء	86.67	86.67	86.48
مادة صلبة كلية	13.33	13.33	13.52
بروتين	3.50	3.56	3.7
كازئين	2.8	2.84	2.96

دسم	3.7	3.76	3.79
رماد	0.51	0.49	0.51
كربوهيدرات	4.3	4.2	4.2

- يبين الجدول (8) تأثير إضافة السبيرولينا على التركيب الكيميائي لعينات اللبن المدعم بالسبيرولينا بنسبة 0.5% (E) ، بنسبة 0.7% (F) وبنسبة 0.9% (G).

جدول (8) التركيب الكيميائي لعينات اللبن المتخمّر المدعم بالسبيرولينا E,F,G.

المكون	E	F	G
ماء	86.24	86.02	85.78
مادة صلبة كلية	13.76	13.90	14.22
بروتين	4.00	4.19	4.35
كازئين	3.2	3.35	3.48
دسم	3.90	3.98	4.12
رماد	0.52	0.53	0.55
كربوهيدرات	3.9	4.2	4.2

أظهرت الجداول (7)،(8) أن محتويات المواد الصلبة الكلية والبروتين والرماد في اللبن الحاوي على السبيرولينا أعلى بشكل ملحوظ مقارنةً باللبن العادي، وذلك بسبب الخصائص الكيميائية الحيوية للسبيرولينا. لم يكن هناك فرق كبير في محتويات الكربوهيدرات والدهون لأن السبيرولينا تحتوي على نسبة ضئيلة لا تتجاوز 4% من الكربوهيدرات غالباً لن تؤثر بشكل كبير على محتوى اللاكتوز في اللبن. من المحتمل أن يكون التأثير طفيفاً، ولكن قد تختلف النسب بشكل غير ملموس. لوحظت نتائج مماثلة من قبل كل من (Debbabi et

(al., 2019) (Malik et al. 2013) (Shin et al., 2008) في البن الذي يحتوي على ما يصل إلى 0.5% سبيرولينا.

أدت زيادة كمية السبيرولينا من 0 إلى 0.9 % إلى ارتفاع نسبة المادة الصلبة الموجودة في اللبن المتخمر، يمكن أن ينسب التغيير في تركيب اللبن إلى التركيب الطبيعي للسبيرولينا . وكانت هذه الزيادة بسيطة في العينات B و C .

إضافة السبيرولينا زادت من محتوى البروتين في اللبن لأن السبيرولينا تحتوي على كمية كبيرة من البروتين (حوالي 60%-70% من وزنها الجاف). يظهر الجدول () أنه كلما زادت كمية السبيرولينا المضافة (0.1%-0.9%) سيتحسن محتوى البروتين في اللبن بشكل متناسب . كانت هذه الزيادة طفيفة في العينات C و D نظراً لكمية السبيرولينا القليلة المضافة بينما كانت واضحة في العينات E, F, G حيث زادت نسبة البروتين حوالي 25% في العينة G و 15% في العينة E .

تظهر الجداول (7) ، (8) أن إضافة السبيرولينا إلى اللبن لم يكن لها تأثير كبير على محتوى الدهون، إلا إذا تمت إضافة كميات كبيرة (مثل 0.7% أو 0.9%) لأن السبيرولينا تحتوي على نسبة ضئيلة من الدهون (حوالي 4-7%)، وهذا يتوافق مع كل من (Malik et al., 2013) الذي لاحظ زيادة محتوى البروتين والدهون والحديد مع زيادة نسبة السبيرولينا و (Debbabi et al., 2019) حيث زادت البروتينات حتى 46% عند إضافة (0.12%-0.24%) سبيرولينا دون التأثير على درجة الحموضة أو معدل انفصال المصل. ووفقاً لـ (Kumar et al., 2021) زادت البروتينات 5.2% و 6.8% عند إضافة 1% و 2% سبيرولينا .

4-3- نتائج الاختبارات الحسية :

- تظهر الجدول (9) تأثير إضافة السيبرولينا على عينات اللبن المتخمر بنسب -0.3-0.1 (0.9-0.7-0.5 من الناحية الحسية).

جدول (9): نتائج الاختبارات الحسية للعينات (B-C-D-E-F-G) وفقاً للدرجات

نسبة إضافة السيبرولينا (%)	اللون	الطعم	الرائحة	قبول عام
B	6	5	6	6
C	7	5	8	6
D	9	9	9	10
E	9	9	9	10
F	4	7	7	8
G	3	7	4	7

تُعطى كل صفة الدرجة 10 حيث الدرجات :

4-2: غير محبوب.

6-5: طبيعي.

8-7: جيد.

10-9: جيد جداً.

عينة C : طعم مقبول لدى التذوق لا يختلف عن طعم اللبن العادي بشكل كبير مع لون أخضر خفيف وقوام متماسك.

عينة D : طعم حامضي خفيف واللون الأخضر كان أكثر وضوحاً مع رائحة لطيفة.

عينة E: الطعم حامضي ويوجد نكهة مميزة مع رائحة لطيفة واللون الأخضر الواضح وهذه المواصفات مقبولة .

عينة F: الطعم حامضي ويوجد نكهة مميزة مع رائحة قوية ولطيفة واللون الأخضر أكثر وضوحاً وهذه المواصفات ممكن أن تكون غير محببة لبعض الأشخاص ولكنها مقبولة للبعض .

عينة G: الطعم حامضي ويوجد نكهة مميزة مع رائحة قوية واللون الأخضر واضح جداً وهذه المواصفات ممكن أن تكون غير محببة .

خامساً: الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات :

- 1- تركيز 0.5% أفضل تركيز يحسن القيمة الغذائية للبن المتخمر حيث زاد محتوى البروتين 15% مع الحفاظ على التقبل الحسي للمستهلك .
- 2- تؤدي إضافة السبيرولينا إلى اللبن المتخمر بنسب من (0.3-0.9%) إلى تسريع عملية التخمر اللبني وتقليل كمية المصل المنفصل.
- 3- إضافة السبيرولينا بنسبة 0.5% خفضت كمية المصل المنفصل من 10ml إلى 8.5ml أي ما يعادل 15%.
- 4- إضافة السبيرولينا بنسبة 0.9% زادت محتوى البروتين من زادت محتوى البروتين من 3.50 إلى 4.35 كما زادت نسبة الدسم من 3.7 إلى 4.12.

- 1- يمكن استخدام السبيرولينا كملون طبيعي للبن المتخمر .
- 2- إن إضافة السبيرولينا للألبان المتخمرة أفكار جديدة بحاجة إلى مزيد من الدراسة والتوسع لذلك يوصى بدراسة حركية تغير درجة الحموضة بشكل أني .
- 3- يمكن استخدام السبيرولينا كمعزز للقيمة الغذائية للبن وداعم لوجود البكتيريا اللبنية.
- 4- دراسة تغير الكتلة الحيوية التي تعبر عن عدد البكتيريا اللبنية خلال عملية التخمير اللبني وإيجاد طريقة لفصل البروتين المتخثر عنها للوصول إلى الدقة العلمية.
- 5- يُوصى باستخدام نكهات طبيعية للتخفيف من تأثير نكهة التراكيز العالية من السبيرولينا وزيادة قبول المستهلك.

سادساً: المراجع :

1-المراجع العربية:

1. صادق، شريف، 2005 - الأحياء الدقيقة الصناعية. منشورات جامعة البعث، مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية.
2. عطرة، رمضان، 2017-تقانة الألبان 2. منشورات جامعة البعث، مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية، 2016-2017.

2-المراجع الأجنبية:

- 3- Agustini, T.W., 2 Soetrisnanto, D. and 1 Ma'ruf, W.F.2017- **Study on chemical, physical, microbiological and sensory of yoghurt enriched by Spirulina platensis**. International Food Research Journal 24(1): 367-371 (February 2017).

4-Ahsas,M and Habib,B, 2008–**Areview on culture production and use of spirulina as food for human and feeds for domestic animal and fish** , FAO Fisheries and aquaculture circular , Rome Italy.

5-AL-Kadmany, E.,Haddad,M and Toufeili,T.(2003). **Estimation of shelf-life of conecentrated yoghurt by monitoring selected microbiological changes during storage**, LWT36:407-414. 24(23)

6- A.O.A.C. 1990- **“Official Methods of Analysis”**, 15 ed Association of Official Analytical Chemists, Published by the Association of Official Analytical Chemists, Inc. USA.(16)

7-Barkallah,M., Dammak,M., Louati,I., Hentati,F., Hadrich,B.,Mechichi,T., Ayadi,M,A., Fendri,I., Attia,H ., Abdelkafi ,S,2017–**Effect of Spirulina platensis fortification on physicochemical, textural, antioxidant and sensory properties of yogurt during fermentation and storage**. LWT - Food Science and Technology (2017), doi: 10.1016/j.lwt.2017.05.071.

8-Debbabi H., Boubaker B., Gmati T., Chouaibi M., Boubaker A., Snoussi A,2019- **Yogurt enrichment with Spirulina (Arthrospiraplatensis): effect on physicochemical, textural properties and consumers acceptance**. In : Ruiz R. (ed.), López-Francos A. (ed.), López Marco L. (ed.). Innovation for sustainability in sheep and goats. Zaragoza : CIHEAM, 2019. p. 401-405 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 123).

9-Dönmez, Ö., Mogol, B. A., & Gökmen, V. (2017). **Syneresis and rheological behaviors of set yogurt containing green tea and green coffee powders**. Journal of Dairy Science, 100(2), 901–907.

10-Hoseini ,S,M., Khosravi-Darani .,K and Mozafari,M,R.,2013– **Nutritional and Medical Applications of Spirulina Microalgae**. Mini-Reviews in Medicinal Chemistry, 2013, 13, 1231-1237

11-Lafarga, T., María Fernández-Sevilla, J., González-López, C., Gabriel AcienFernández, F., **Spirulina for the food and functional food industries**, Food Research International (2020).

12-MALIK, P., KEMPANNA,C., MURTHY,N AND ANJUM,2013- **Quality Characteristics of Yoghurt Enriched with Spirulina Powder** .Mysore J. Agric, Sci., 47 (2) : 354-359, 2013.

13-Mourad1,G., Bettache,G and Samir,MI.2014- **Composition and nutritional value of raw milk**. Biological Sciences and Pharmaceutical Research Vol. 2(10),pp .115-122, December 2014.

14-Narayana ,R and Kale,A,2019– **Functional Probiotic Yoghurt with Spirulina**. Asian Journal of Dairy and Food Research, Volume 38 Issue 4: 147-152 (October-December 2019).

15– Ruma Arora Soni a , K. Sudhakar a, c , ,R.S. Rana,2017– **Spirulina e From growth to nutritional product: A review**. Trends in Food Science & Technology 69 (2017) 157e171

16–Suresh, K., Sharma, D., & Prasad, R. 2021– **Sensory Evaluation and Nutritional Analysis of Spirulina Fortified Dairy**

Products. Journal of Food Science and Technology, 58(5), 1342–1350.

17–Yerlikaya O. (2023). **A review of fermented milks: potential beneficial effects on human nutrition and health.** Afri Health Sci, 23(4). 498–507. <https://dx.doi.org/10.4314/ahs.v23i4.54>

.

تأثير تغيير السلالة البادئة ودرجة حرارة العجن وطريقة التلميم في مواصفات جبن الموزريلا

المعيدة م. ياسمة أسير، طالبة ماجستير، قسم الهندسة الغذائية، كلية الهندسة
الكيميائية والبترولية، جامعة حمص
المشرف: أ.د. م. رمضان عطرة، أستاذ مساعد، قسم الهندسة الغذائية، كلية الهندسة
الكيميائية والبترولية، جامعة حمص

الملخص

تم تصنيع جبن موزريلا باستخدام مسحوق الحليب البقري وباستخدام ثلاث بادئات مختلفة MB (*Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus helveticus*), MS (*Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactococcus lactis*, *Lactococcus cremoris*), YO (*Lactobacillus*, *Streptococcus thermophilus*) وباستخدام حمض السيتريك، وتمت دراسة تأثير درجة حرارة العجن (65-75-90)°م في الخواص الوظيفية لجبن الموزريلا خلال التخزين، حيث خضعت عينات الجبن المصنعة للتخزين المبرد، تم قياس الخواص الوظيفية عند فترات زمنية مختلفة (0، 15، 30، 45، 60، 75). لم يكن لدرجات حرارة العجن المختلفة تأثيراً هاماً في الذوبانية والمطاطية والبثور الزيتية باستثناء الجبن المصنع باستخدام البادئ MS والذي عجن على الدرجة 75°م فقد كان لنسبة البثور الزيتية تأثيراً هاماً مقارنة بدرجتي الحرارة الباقيتين.

تأثير تغيير السلالة البادنة ودرجة حرارة العجن وطريقة التمليح في مواصفات جبن الموزريلا

تمت دراسة تأثير التمليح الجاف والتمليح بالمحلول الملحي لعينات الجبن خلال التخزين المبرد، إذ تبين أن التمليح الجاف أنتج جبناً ذا خواص وظيفية أفضل من التمليح بالمحلول الملحي.

الكلمات المفتاحية: جبن الموزريلا، الخواص الوظيفية، حرارة العجن، التمليح الجاف، التمليح بالمحلول الملحي.

The effect of manufacturing conditions and salting technique in mozzarella cheese specifications

Basema esber, Ramadan Atrah

Chemical and Petroleum Engineering Faculty, Food Engineering

Department, Al-Baath University, Homs, Syria

ABSTRACT

A study was conducted to produce high moisture mozzarella using cow powder milk, three different starter-culture combinations MB (Streptococcus thermophilus, Lactobacillus bulgaricus, lactobacillus helveticus), MS (Streptococcus thermophilus, Lactobacillus bulgaricus, Lactobacillus cremoris, lactobacillus lactis), YO (Streptococcus thermophilus, Lactobacillus bulgaricus) and citric acid.

The effect of three different temperatures of stretching had been studied. The results showed that on important effect had been noticed except the cheese that made with MS and stretched at the temperature of 75°C had the highest values of oiling off.

The effect of the dry salting and the brine salting had been studied. The dry salting resulted in cheeses that have functional properties better than the brine salting.

.

Key words: mozzarella cheese, functional properties, stretching heat, dry salting, brine salting.

المقدمة Introduction

يعد تصنيع الجبن أحد الأمثلة التقليدية لحفظ الأغذية والتي يعود تاريخها ل-7000 سنة قبل الميلاد، حيث يتم حفظ المكونات الأكثر أهمية للحليب (الدسم والبروتين) من خلال الاعتماد على مبدئين اثنين لحفظ الأغذية وهما التخمر اللبني وتخفيض فعالية الماء من خلال إزالته وإضافة الملح [1].

يطلق اسم جبن الموزريلا في الأصل على الجبن المصنع من حليب الجاموس مرتفع الدسم الموجود في إيطاليا الجنوبية ويعتقد أن مكان ولادته في منطقة كامبانيا حيث صنع هذا الجبن لعقود عديدة ثم صنع الإيطاليون جبن الموزريلا من حليب البقر وتم قبوله بشكل كبير [2].

عرف [3] الموزريلا على أنها فرد في عائلة أجبان الباستا فيلاتا الإيطالية الناعمة الشائعة جداً إذ يمتلك المنتج النهائي سطح لماع ناعم، مملح بشكل خفيف بالإضافة لخواص مطاطية منقطعة النظير.

تلعب سلالات البادئ دوراً هاماً في كل مما يلي:

- تحويل اللاكتوز إلى حمض اللبن الذي يساهم في زيادة اندفاع المصل من الخثرة بالإضافة لانحلال فوسفات الكالسيوم الغروية المرتبطة بالكازيئات.
 - تحدد إمكانية تفكيكها لللاكتوز إلى غلوكوز وغالاكتوز فيما إذا كان الجبن يحتوي بقايا غالاكتوز تساهم في تكون اللون البني للجبن أثناء الخبز.
 - إنتاج أنزيمات تساهم في التحلل البروتيني خلال التخزين [4].
- استخدمت بادئات المصل تقليدياً في صناعة جبن الموزريلا الطازجة ثم استبدل بها بشكل تدريجي سلالات *Streptococcus thermophiles* فقط.

يستلزم تصنيع جبن الموزريلا عالية الرطوبة استخدام بادئات مثل *S.lactis* و *S.durns* أو *L.faecalis* أما البادئات المستخدمة في إنتاج الموزريلا منخفضة الرطوبة هي *S.thermophiles*، *L.bulgaricus* أو *L.helveticus* [6,5].

قام [7] بتصنيع جبن الموزريلا باستخدام سلالة مفردة أو سلالة مختلطة ووجد أن الجبن المصنع مع السلالة المختلطة تمتع بتحلل بروتيني أعلى ورطوبة أعلى وعزا ارتفاع الرطوبة لمعدل إنتاج الحمض الأسرع.

ذكر [8] أن استخدام *Lb.helveticus* كبادئ مساعد مع *S.thermophilus* أعطى جبن ذا خصائص وظيفية أفضل (خاصة الذوبانية) مقارنة مع استخدام *Lb.bulgaricus*.

العجن هو الخطوة المفتاحية لتحديد مواصفات الجبن بعد التصنيع وخلال التخزين، إلا أن الدراسات التي قيمت بشكل منفصل العوامل المؤثرة على عملية العجن أو درجة حرارة العجن من خلال التفاعلات المتضمنة في خطوة العجن وكذلك تأثير هذه التفاعلات على الخواص الوظيفية لجبن الموزريلا خلال التخزين المبرد كانت ضئيلة للغاية.

استخدم مجال واسع من pH ماء العجن (5.5 إلى 4.8) وقيم درجة حرارة تراوحت من 50-85 °C أثناء تصنيع جبن الموزريلا. عزز العجن تحت تأثير درجات حرارة أعلى تفاعلات بروتين أكثر أثرت على حيوية ونشاط بكتريا البادئ في الجبن والتركيب والإنتاج والذوبانية وحركية الماء والتحلل البروتيني وحجم الحبيبات والتي بدورها أثرت على انطلاق الزيت من الجبن.

وخلال فترة التخزين تغير قسم من الكالسيوم مما أدى لتغيرات أثرت على حركية الماء في مصفوفة البروتين [9].

يتم عجن الخثرة في الماء الحار لرفع درجة الحرارة للخثرة حوالي 55°C ، وبعد التسخين تطبق على الخثرة قوى قص تسبب إطالة خيوط البروتين. خلال هذه المرحلة يحدث انتقال لمحتويات السيروم إلى ماء العجن والشبكة ثلاثية الأبعاد لمصفوفة البروتين التي تصطف بشكل مواز لبعضها البعض مع السيروم المحصور بينها [10].

تراوحت درجة الحرارة في مرحلة الطبخ- العجن من $^{\circ}\text{C}$ (60-85) لكي تصل درجة حرارة في كتلة الخثرة إلى $^{\circ}\text{C}$ (50-65). بعد تحقيق درجة الحرارة المرغوبة تعجن البروتينات وخاصة الكازينيئات وتشكل كخيوط متوازية لذا تخلق بنية ليفية مشابهة لألياف البروتين في صدر الدجاج وتتراكم حبيبات الدسم بين ألياف البروتين وتمنع خيوط البروتين من الاندماج [11].

لم تؤثر درجة حرارة العجن (85°M و 75°M) على تركيب جبن الموزريلا (0.05 $P >$) لكن يوجد انخفاض في حركية الماء للأجبان مع زمن التخزين المبرد ($P \leq 0.05$) وزيادة في التفاعلات الإلكتروليتية والروابط الهيدروجينية مع كثافة للجبن في الجبن المعرض للمط في ماء عند 85°M حيث انعكس على حركية ماء أخفض وتحطم كازينيئين أخفض عندما قورن بالجبن المعرض للمط عند 75°M .

تعتبر هذه الخطوة ضرورية من أجل تثبيط الأحياء الدقيقة الممرضة والمفسدة من النمو أثناء التخزين

كما أنها تلعب دوراً مهماً في تبريد الجبن بعد تعرضه لخطوة العجن في الماء الحار، يحسن التملح من استحلاب الدسم بسبب تبادل الكالسيوم في الكازينيئين وهو مستقل

عن محتوى الرطوبة في المنتج لذا يوجد فرص أقل لانفصال الزيت وثبت أن التمليح الجاف للخثرة أفضل قبل خطوة العجن. يتم دمج الملح في أجبان الموزريلا إما من خلال التمليح بالمحلول الملحي أو التمليح الجاف [12].

- في أيامنا هذه هناك ميل كبير لإنهاء هذه المرحلة أما الطرق المستخدمة فهي:
- 1- التمليح في المحلول الملحي: حيث يتم تحضير المحلول الملحي من خلال غلي الماء وإضافة الملح (حوالي 200 gr ملح لكل لتر من الماء عادةً) ثم يبرد المحلول لأقل من 20°م. المحلول الملحي الناتج يمكن أن يستخدم حتى نلاحظ ظاهرة التلوث (المحلول الملحي يصبح غائم).
 - بعد تبريد جبن الموزريلا يغمر في المحلول الملحي لمدة من الوقت تتغير وفقاً لقياسها (من أجل جبن يزن 400-500gr يستغرق حوالي ساعتين).
 - 2- مط الخثرة في ماء مملح (1% ملح).
 - 3- استخدام صوص: يتكون الصوص من ماء العجن (جزء واحد) + ماء (1 جزء) + مصل حمضي متجمع في بداية الاختمار (فقط كافٍ لأخذ حموضة المحلول لـ pH4 و 8°sh)
 - يغمر جبن الموزريلا في هذا المحلول حتى يباع. (تحذير: سيكون لون الصوص مائل للبياض بسبب ماء العجن المستخدم) يعمل الصوص بشكل أساسي كسائل حفظ.
 - 4- استخدام محلول مصنع من الماء + حمض السيتريك (كمية كافية ليصل المحلول إلى رقم حموضة pH 4 و 8°sh + 2 % ملح (في هذه الحالة سيكون المحلول صافي [13].

تأثير تغيير السلالة البادنة ودرجة حرارة العجن وطريقة التملح في مواصفات جبن الموزريلا

وصف [14] الطريقة التقليدية للتمليح بالمحلول الملحي بأنها طريقة مكلفة، تتطلب مساحة أكبر، تزيد مشكلة التآكل وتؤدي لصعوبة في التنظيف والتخلص من المحلول الملحي.

قام [15] بدراسة تأثير تغيير مستويات الملح على التحلل البروتيني في جبن الموزريلا واستنتج عدم تأثير التحلل البروتيني بنسبة الملح فيها.

يقلل الملح من هدرجة الكازينينات ويسبب تضيق شبكة الكازينين منتجاً جبناً أقل ذوبانية [16].

المواد والطرائق والأجهزة المستخدمة Materials and Methods

أجري هذا البحث في مخابر في قسم الهندسة الغذائية في كلية الهندسة الكيميائية والبترولية - جامعة البعث - حمص.

أولاً: المواد:

1- حليب بودرة مجفف مخصص لصناعة الجبن إنتاج شركة Fonterra في بولندا (تركيبه: 24.5% بروتين، 26.3% دسم، 40.3 % كربوهيدرات، 5.3% رماد و 3.1% رطوبة).

2- بادئ مجفد Befresh-YO إنتاج شركة Handary في بروكسيل في بلجيكا، يحتوي السلالتين *Streptococcus thermophilus*، *Lactobacillus bulgaricus*.

3- بادئ مجفد Befresh-MS إنتاج شركة Handary في بروكسيل في بلجيكا. يحتوي على السلالات الأربعة التالية *Streptococcus thermophilus*، *Lactococcus*، *Lactococcus cremoris*، *Lactobacillus bulgaricus*، *.lactis*.

4- بادئ مجفد Befresh-MB إنتاج شركة Handary في بروكسيل في بلجيكا. يحتوي على السلالات الثلاث *Streptococcus thermophilus* , *Lactobacillus helveticus* , *Lactobacillus bulgaricus* أنزيم الرينين الميكروبي المشتق من فطر *Rhizomucor miehei* إنتاج شركة mayasan في تركيا.

5- كما تمّ استخدام التجهيزات التالية:

- 1- مقياس pH-meter رقمي خاص للجبن ماركة Foodcare-GERMANY.
- 2- مقياس حرارة رقمي ماركة HT-1 في الصين.
- 3- ميزان تحليلي بدقة 0.0001 ماركة SARTORIUS-GERMANY.
- 4- جهاز تغليف تحت التفريغ ماركة porodo الصينية.

ثانياً: طرائق تحضير العينات:

(1) تحضير الحليب:

يتم حل حليب البودرة الجاف بالماء المعقم بنسبة 1:9، من أجل استخدامه لاحقاً في تصنيع جبن الموزريلا.

(2) تحضير الزرعة الأم للبيادئات الثلاثة المستخدمة:

يتم تسخين الحليب حتى الغليان، ثم يسكب في عبوة زجاجية معقمة، يترك ليبرد حتى 35 ° م وهي الدرجة الملائمة لعمل البادئ، ويحقن 1 g من البادئ المجفد، ثم يحضن حتى تشكل الخثرات ضمنه، بعدها يتم حفظ الزرعة الأم في البراد لمدة لا تتجاوز 9 أيام تصبح بعدها غير صالحة للاستخدام.

(3) 3/ تصنيع عينات جبن الموزريلا:

1. طريقة التخمير بالبادئات: تم اتباع طريقة [17] مع إجراء بعض التعديلات،

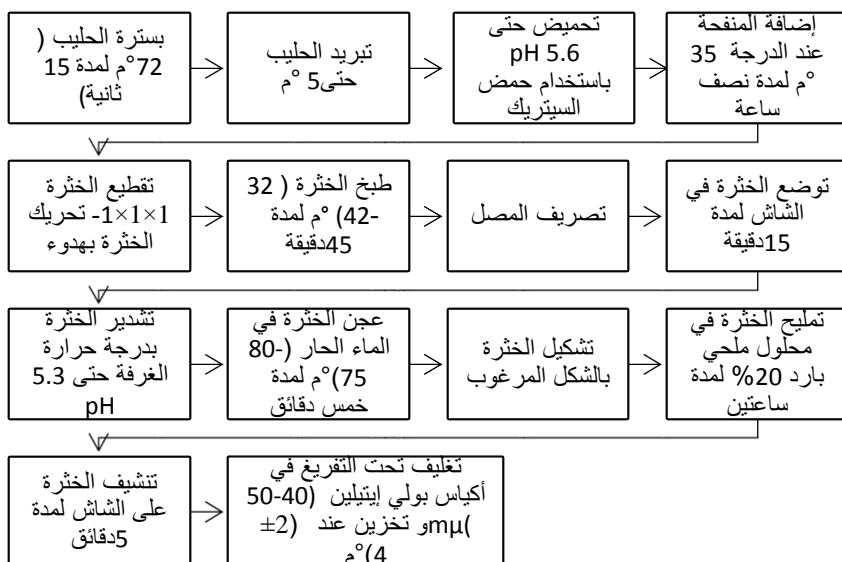
والمخطط التالي يوضح الطريقة:



المخطط (1): طريقة تصنيع جبن الموزريلا باستخدام طريقة التخمير بالبادئات

2. طريقة التحميص المباشر: تم تصنيع عينة جبن الموزريلا باستخدام طريقة

التحميص المباشر وفق [18]، والمخطط التالي يوضح الطريقة:



المخطط (2): طريقة تصنيع جبن الموزريلا بطريقة التخميض المباشر

تم تبريد كل عينات الجبن طيلة ليلة كاملة عند الدرجة 5°C في أكياس كتيمة ثم غلفت بالتفريغ باستخدام جهاز التغليف بالتفريغ. تم إنجاز ثلاث مكررات لكل معالجة.

(4) تغيير درجة حرارة العجن:

قمنا بمط الخثرات الناتجة عن استخدام البادئات الثلاثة عند ثلاث درجات حرارة مختلفة وهي 60، 75، 90 °م.

(5) طرق تمليح الجبن:

1. التمليح بالمحلول الملحي:

تأثير تغيير السلالة البادنة ودرجة حرارة العجن وطريقة التمليح في مواصفات جبن الموزريلا

يتم تصنيع جبن الموزريلا وفق ما ذكر سابقاً، وبعد عملية العجن في الماء الحار، يتم غمر الخثرة في محلول NaCl تركيزه 20% لمدة ساعتين عند الدرجة 4°C .

2. التمليح الجاف:

يتم تصنيع جبن الموزريلا وفق ما ذكر مسبقاً وبعد خطوة التشدير، يتم طحن الخثرة وتمليحها بنسبة 2% (وزناً/وزناً) من وزن الخثرة، تترك مملحة لمدة 20 دقيقة، ثم تتم عملية العجن في ماء درجة حرارته 75°C ونسبة الملح فيه 4% لمدة 5-10 دقيقة [19].
ثالثاً: الاختبارات المطبقة على العينات: تم تحليل العينات في الأيام 0، 15، 30، 45، 60، 75 من التخزين المبرد كما يلي:

1. اختبار المطاطية (Stretchability):

تم قياس المطاطية وفقاً لـ [20] حيث يتم تعبئة ثلاثة أرباع بيشر حجمه 250 ml بماء حار عند الدرجة 85°C . ومن ثم يوضع 10 g من الجبن في البيشر وتترك لمدة دقيقة واحدة. يغمس قضيب زجاجي في مركز الجبن المنصهر ويرفع بوساطته، ثم يتم قياس طول الخيط المتشكل بال cm.

2. اختبار تسرب الدسم (Oiling off):

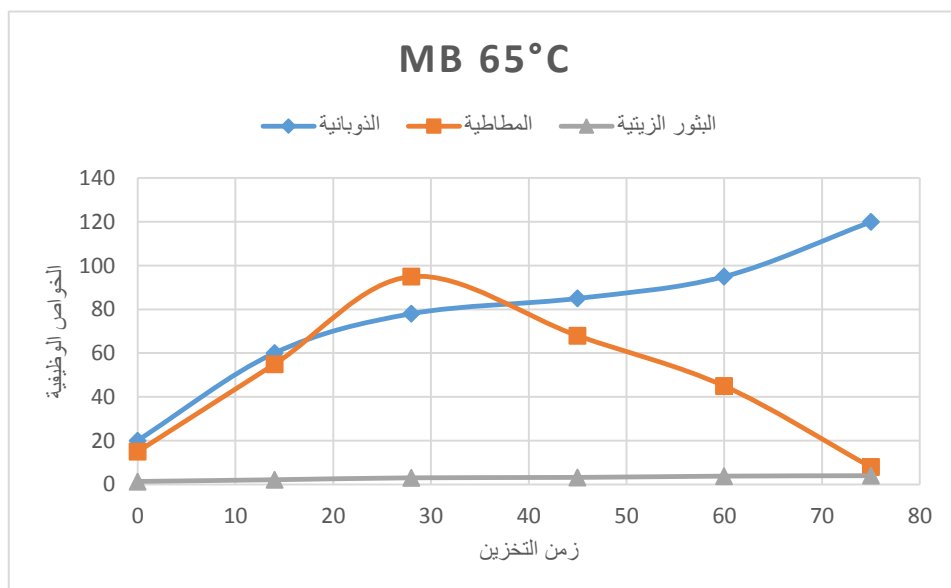
توضع أربعة أقراص من الجبن (25mm في القطر و 4 mm في السماكة) على ورق ترشيح Whatman-No.42 ثم تخل فرن تجفيف بالهواء الساخن عند الدرجة $^{\circ}\text{C}$ 100 لمدة 10 دقائق، تقاس المساحة لكل خاتم زيتي باستخدام مقياس المساحة planimeter ثم تنسب إلى مساحة القرص الأصلي فتكون نسبة تسرب الزيت هي A/B حيث هي A منطقة خاتم الدسم، B هي منطقة القرص الأصلية [17].

تم تحليل النتائج إحصائياً باستخدام Minitab18 بواسطة تحليل التباين One Way ANOVA واختبار Tukey لتحديد الفروق بين المتوسطات، وذلك عند مستوى موثوقية ($P \leq 0.05$) وبإجراء ثلاث مكررات للتجارب وأخذ المتوسط.

النتائج والمناقشة:

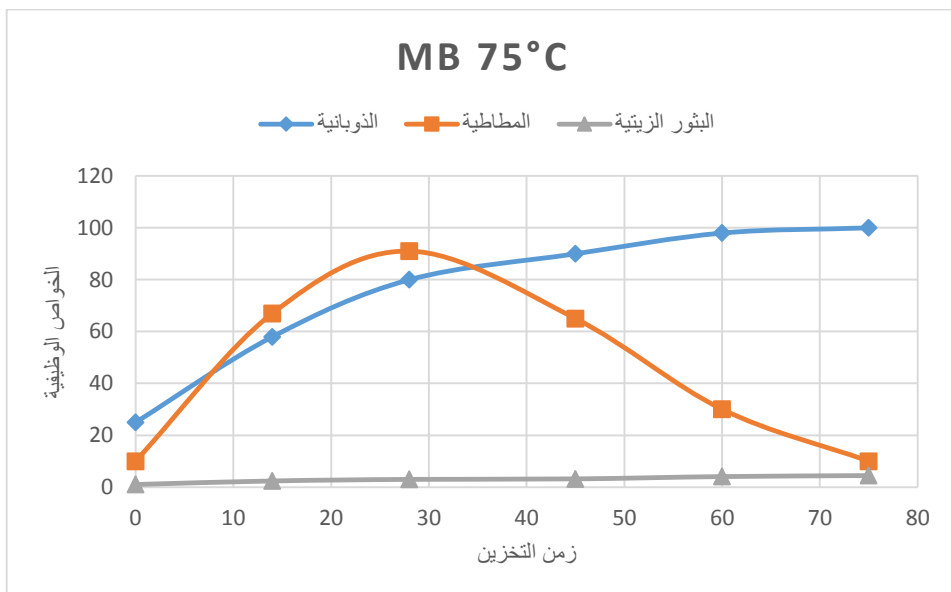
أولاً: نتائج تغيير درجة حرارة العجن في الخواص الوظيفية لجبن الموزريلا المصنع باستخدام البادئ MB

يظهر الجدول (9) نتائج تغيير درجة حرارة العجن في الخواص الوظيفية لجبن الموزريلا المصنع باستخدام البادئ MB وتوضح المخططات (13) و(14) و(15) نتائج درجات حرارة العجن 65 و 75 و 90°م على التوالي في الخواص الوظيفية لجبن الموزريلا المصنع باستخدام البادئ MB.



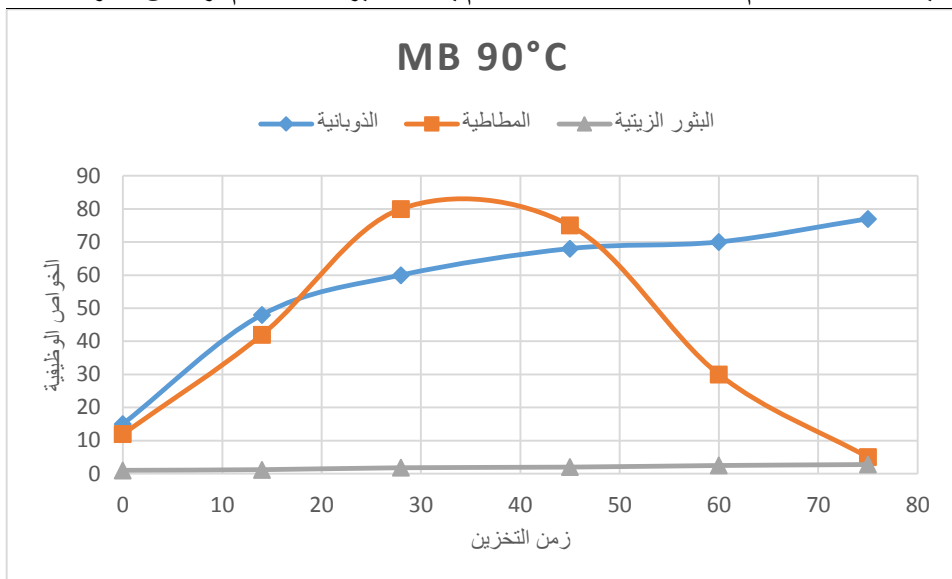
المخطط (13): نتائج تأثير درجة حرارة العجن 65°C على الخواص الوظيفية لجبن الموزريلا

المصنع باستخدام البادئ MB



المخطط (14): نتائج تأثير درجة حرارة العجن عند 75°C على الخواص الوظيفية للجبن

المصنع ببادئ MB



المخطط (15): نتائج تأثير درجة حرارة العجن 90° C على الخواص الوظيفية لجبن الموزريلا

المصنع باستخدام البادئ MB

الجدول (9): نتائج تأثير تغيير درجة حرارة العجن في الخواص الوظيفية لجبن الموزريلا

المصنع باستخدام البادئ MB

البثور الزيتية (%)			المطاطية (cm)			الذوبانية (mm)			درجة الحرارة الزمن (اليوم)
°C 90	°C 75	°C 65	°C 90	°C 75	°C 65	°C 90	°C 75	°C 65	
1 ± 0.11 ^b	1 ± 0.31 ^d	12 ± 0.3 ^e	3 ± 0.02 ^c	10 ± 0.3 ^e	15 ± 0.32 ^e	15 ± 0.2 ^f	25 ± 0.23 ^f	20 ± 0.21 ^f	0
1.2 ± 0.23 ^{ab}	2.4 ± 0.32 ^c	42 ± 0.7 ^c	48 ± 0.05 ^{bc}	67 ± 0.8 ^b	55 ± 0.34 ^c	48 ± 0.22 ^e	58 ± 0.04 ^e	60 ± 0.1 ^e	15
1.8 ± 0.15 ^a _b	3 ± 0.23 ^{bc}	80 ± 0.15 ^a	85 ± 0.29 ^b	91 ± 0.1 ^a	95 ± 0.1 ^a	60 ± 0.45 ^d	80 ± 0.17 ^d	78 ± 0.231 ^d	30
2 ± 0.08 ^{ab}	3.2 ± 0.75 ^{abc}	75 ± 0.18 ^b	70 ± 0.46 ^{ab}	65 ± 0.42 ^c	68 ± 0.5 ^b	68 ± 0.072 ^c	90 ± 0.09 ^c	85 ± 0.19 ^c	45

تأثير تغيير السلالة البادنة ودرجة حرارة العجن وطريقة التمليح في مواصفات جبن الموزريلا

2.5 ± 1 ^{ab}	4.1 ± 0.137 ^{ab}	30 ± 0.2 ^d	61 ± 0.03 ^a	30 ± 0.25 ^d	45 ± 0.12 ^d	70 ± 0.3 ^b	98 ± 0.86 ^b	95 ± 0.22 ^b	60
2.8 ± 1.1 ^a	4.5 ± 0.5 ^a	5 ± 0.35 ^f	18 ± 0.13 ^a	10 ± 0.5 ^e	8 ± 0.2 ^f	77 ± 0.21 ^a	100 ± 0.1 ^a	120 ± 0.17 ^a	75

كل قيمة في الجدول تمثل المتوسط الحسابي (n=3) ± الانحراف المعياري

تشير الأحرف الكبيرة A, B على يسار الأرقام إلى وجود فروق معنوية في السطر نفسه، تشير الأحرف الصغيرة a, b, c, d, e, f على يمين الأرقام إلى وجود فروق معنوية في العمود نفسه.

بالنظر إلى المخططات البيانية (4) و(5) والجدول (6) يتبين لنا تأثير تقدم زمن

التبريد في ذوبانية ومطاطية والبثور الزيتية للجبن حيث لوحظت زيادة الذوبانية والبثور الزيتية مع تقدم الزمن وقد جاءت هذه النتائج موافقة للعام 2013 [21]، أما المطاطية فقد ارتفعت تدريجياً حتى اليوم الشهر تقريباً ثم بدأت بالانخفاض التدريجي أيضاً وهذا يتوافق مع [22].

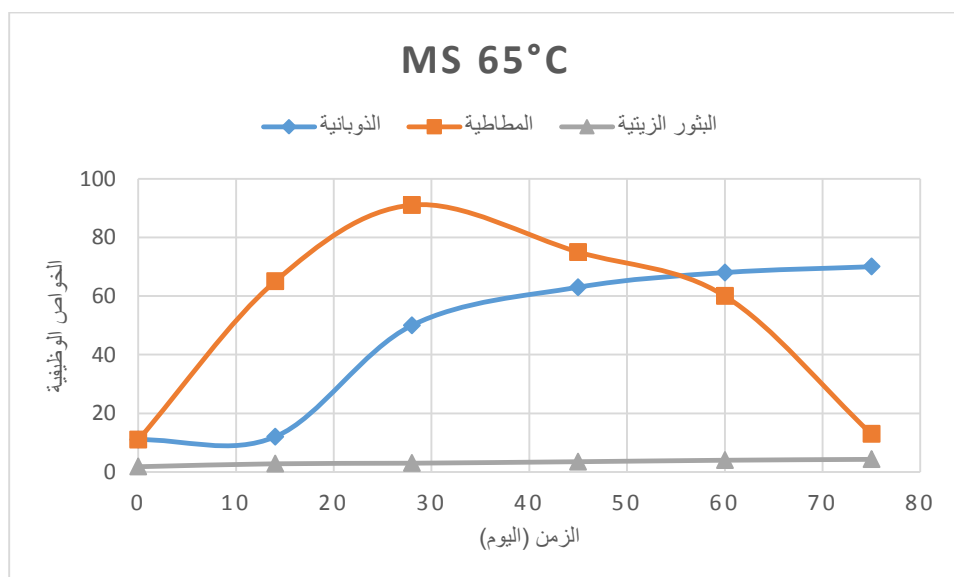
بين التحليل الإحصائي ($P>0.05$) عدم وجود تأثير هام لدرجة حرارة العجن في

الذوبانية والمطاطية والبثور الزيتية لجبن الموزريلا المصنع باستخدام البادئ MB إلا أن درجة حرارة العجن 90°م أنتجت جبناً ذو مطاطية أقل ولكن بشكل غير معنوي عن درجتي العجن 65 و 75°م ويعزى ذلك لتأثير الحرارة المرتفعة لماء العجن والذي يؤدي لفقدان دسم أكثر مع ماء العجن وبالتالي نقصان المطاطية لأن الدسم يعمل كمادة مزقة بين ألياف الكازينين [23].

ثانياً: نتائج تغيير درجة حرارة العجن في الخواص الوظيفية لجبن الموزريلا المصنع

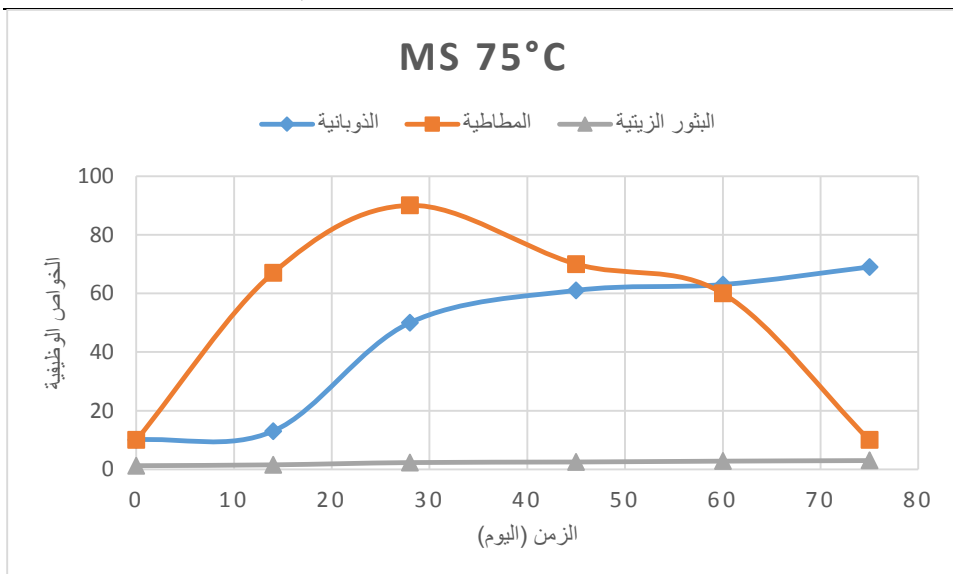
باستخدام البادئ MS

يظهر الجدول (10) نتائج تغيير درجة حرارة العجن في الخواص الوظيفية لجبن الموزريلا المصنع باستخدام البادئ MS وتوضح المخططات (16) و(17) و(18) نتائج درجات حرارة العجن 65 و 75 و 90°م على التوالي في الخواص الوظيفية لجبن الموزريلا المصنع باستخدام البادئ MS.

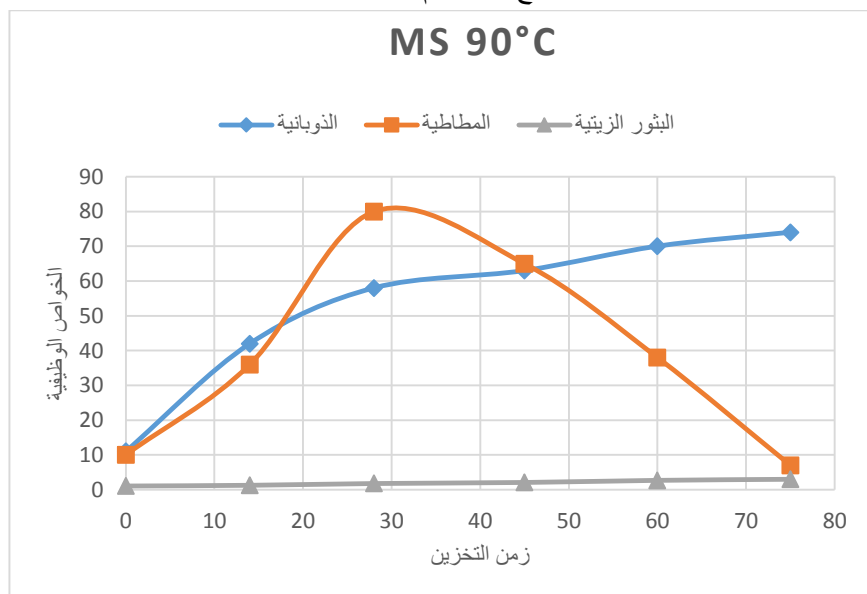


المخطط (16): نتائج تأثير درجة حرارة العجن 65°C على الخواص الوظيفية لجبن الموزريلا المصنع باستخدام البادئ MS

تأثير تغيير السلالة البادنة ودرجة حرارة العجن وطريقة التمليح في مواصفات جبن الموزريلا



المخطط (17): نتائج تأثير درجة حرارة العجن 75°C على الخواص الوظيفية لجبن الموزريلا المصنع باستخدام البادئ MS



المخطط (18): نتائج تأثير درجة حرارة العجن 90°C على الخواص الوظيفية لجبن الموزريلا المصنع باستخدام البادئ MS

الجدول (10): نتائج تأثير تغيير درجة حرارة العجن في الخواص الوظيفية لجبن الموزريلا

المصنع باستخدام البادئ MS

البثور الزيتية (%)			المطاطية (cm)			الذوبانية (mm)			درجة الحرارة الزمن (اليوم)
°C 90	°C 75	°C 65	°C 90	°C 75	°C 65	°C 90	°C 75	°C 65	
1.1 ± 0.5 ^e	1.2 ± 0.05 ^e	1.8 ± 0.2 ^e	10 ± 0.9 ^e	10 ± 0.22 ^e	11 ± 0.5 ^f	11 ± 0.2 ^f	10 ± 0.4 ^f	11 ± 0.02 ^d	0
1.3 ± 0.02 ^{de}	1.5 ± 0.22 ^c	2.8 ± 0.12 ^d	36 ± 0.45 ^d	67 ± 0.83 ^c	65 ± 0.17 ^c	42 ± 0.62 ^e	13 ± 0.23 ^e	12 ± 0.53 ^d	15
1.8 ± 0.2 ^{cd}	2.3 ± 0.5 ^b	3 ± 0.4 ^{cd}	80 ± 0.32 ^a	90 ± 0.21 ^a	91 ± 0.25 ^a	58 ± 0.72 ^d	50 ± 0.1 ^d	50 ± 0.18 ^c	30
2.1 ± 0.14 ^{bc}	2.5 ± 0.1 ^{ab}	3.5 ± 0.3 ^{bc}	65 ± 0.4 ^b	70 ± 0.8 ^b	75 ± 0.33 ^b	63 ± 0.31 ^c	61 ± 0.24 ^c	63 ± 0.08 ^b	45
2.7 ± 0.2 ^{ab}	2.8 ± 0.2 ^{ab}	4 ± 0.11 ^{ab}	38 ± 0.27 ^c	60 ± 0.35 ^d	60 ± 0.24 ^d	70 ± 0.1 ^b	63 ± 0.5 ^b	68 ± 0.126 ^a	60
3 ± 0.18 ^a	3 ± 0.15 ^a	4.3 ± 0.2 ^a	7 ± 0.46 ^f	10 ± 0.56 ^e	13 ± 0.7 ^e	74 ± 0.09 ^a	69 ± 0.31 ^a	70 ± 0.3 ^a	75

كل قيمة في الجدول تمثل المتوسط الحسابي (n=3) ± الانحراف المعياري.

تشير الأحرف الكبيرة A, B على يسار الأرقام إلى وجود فروق معنوية في السطر نفسه، تشير الأحرف الصغيرة a, b, c, d, e, f على يمين الأرقام إلى وجود فروق معنوية في العمود نفسه.

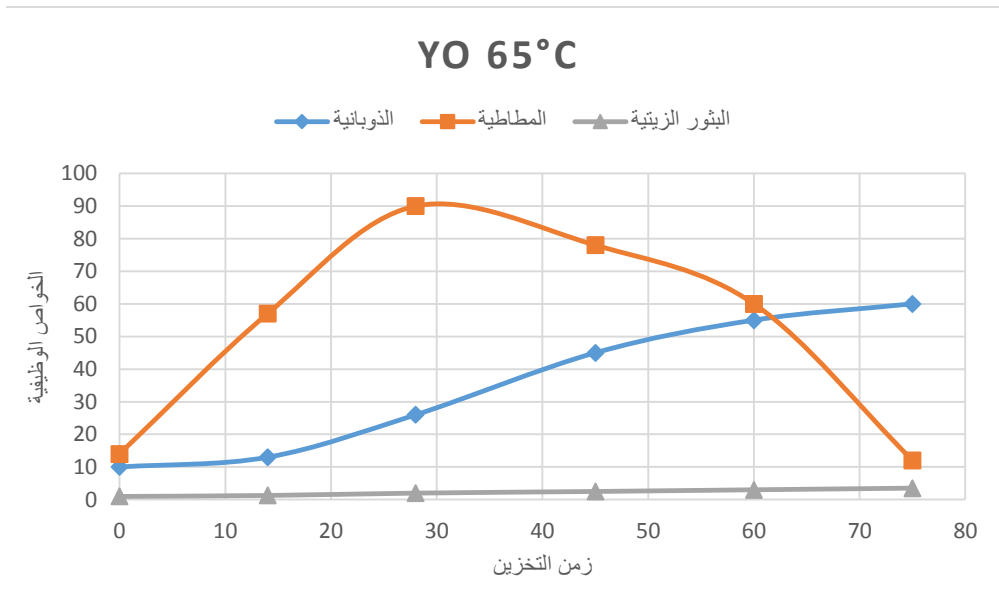
بالنظر إلى المخططات البيانية (16) و (17) والجدول (10)، يتبين لنا تأثير تقدم زمن التبريد في ذوبانية ومطاطية والبثور الزيتية للجبن حيث لوحظت زيادة الذوبانية والبثور الزيتية مع تقدم الزمن وقد جاءت هذه النتائج موافقة للعالم [21] ، أما المطاطية فقد ارتفعت تدريجياً حتى اليوم 40 تقريباً ثم بدأت بالانخفاض التدريجي أيضاً وهذا يتوافق مع [22].

تأثير تغيير السلالة البادنة ودرجة حرارة العجن وطريقة التمليح في مواصفات جبن الموزريلا

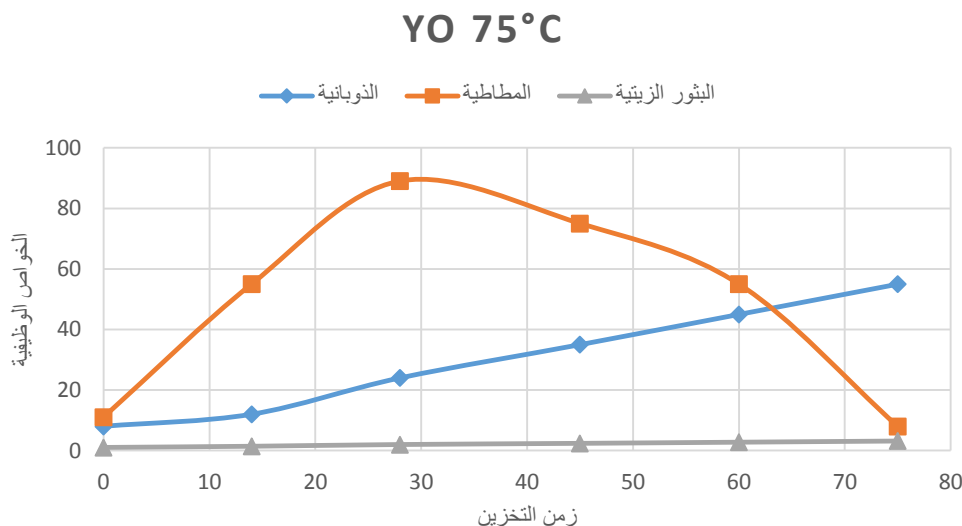
بين التحليل الإحصائي ($P>0.05$) عدم وجود تأثير معنوي لدرجة حرارة العجن في الذوبانية والمطاطية، في حين لوحظ وجود تأثير معنوي ($P<0.05$) لدرجة حرارة العجن 65°C في البثور الزيتية وعدم وجود تأثير معنوي ($P>0.05$) لدرجتي الحرارة 75°C و 90°C وهذا يتوافق مع [24].

ثالثاً: نتائج تغيير درجة حرارة العجن في الخواص الوظيفية لجبن الموزريلا المصنع باستخدام البادئ YO

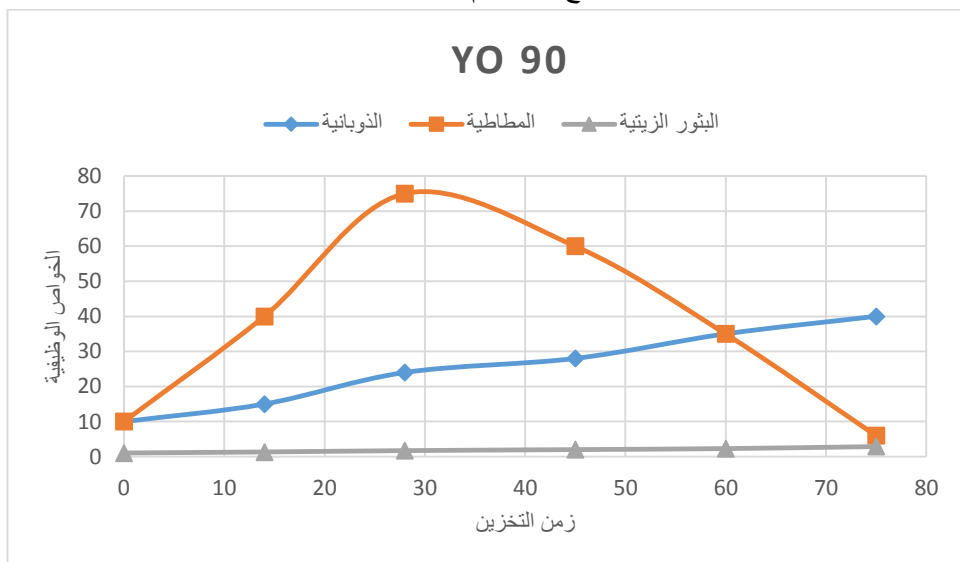
يظهر الجدول (11) نتائج تغيير درجة حرارة العجن في الخواص الوظيفية لجبن الموزريلا المصنع باستخدام البادئ YO وتوضح المخططات (19) و (20) و (21) نتائج درجات حرارة العجن 65°C و 75°C و 90°C على التوالي في الخواص الوظيفية لجبن الموزريلا المصنع باستخدام البادئ YO.



المخطط (19): نتائج تأثير درجة حرارة العجن 65°C على الخواص الوظيفية لجبن الموزريلا المصنع باستخدام البادئ YO



المخطط (20): نتائج تأثير درجة حرارة العجن 75° على الخواص الوظيفية لجبن الموزريلا المصنع باستخدام البادئ YO



المخطط (21): نتائج تأثير درجة حرارة العجن 90°C على الخواص الوظيفية لجبن الموزريلا المصنع باستخدام البادئ YO

تأثير تغيير السلالة البادنة ودرجة حرارة العجن وطريقة التمليح في مواصفات جبن الموزريلا

الجدول (11): نتائج تأثير تغيير درجة حرارة العجن في الخواص الوظيفية لجبن الموزريلا

المصنع باستخدام البادئ YO

البثور الزيتية (%)			المطاطية (cm)			الذوبانية (mm)			درجة الحرارة الزمن (اليوم)
°C 90	°C 75	°C 65	°C 90	°C 75	°C 65	°C 90	°C 75	°C 65	
1 ± 0.16 ^d	1 ± 0.4 ^d	1 ± 0.7 ^c	10 ± 0.53 ^e	11 ± 0.23 ^d	14 ± 0.07 ^e	10 ± 0.13 ^f	8 ± 0.65 ^f	10 ± 0.1 ^f	0
1.3 ± 0.05 ^d	1.4 ± 0.06 ^d	1.3 ± 0.12 ^c	40 ± 0.25 ^c	55 ± 0.09 ^c	57 ± 0.6 ^d	15 ± 0.52 ^e	12 ± 0.12 ^e	13 ± 0.082 ^e	15
1.7 ± 0.1 ^c	2 ± 0.205 ^c	2 ± 0.33 ^{bc}	75 ± 0.13 ^a	89 ± 0.18 ^a	90 ± 0.13 ^a	24 ± 0.2 ^d	24 ± 0.17 ^d	26 ± 0.8 ^d	30
2 ± 0.24 ^{bc}	2.4 ± 0.08 ^{bc}	2.5 ± 0.1 ^{ab}	60 ± 0.62 ^b	75 ± 0.6 ^b	78 ± 0.31 ^b	28 ± 0.66 ^c	35 ± 0.82 ^c	45 ± 0.41 ^c	45
2.3 ± 0.14 ^b	2.8 ± 0.1 ^{ab}	3 ± 0.56 ^{ab}	35 ± 0.8 ^d	55 ± 0.32 ^c	60 ± 0.51 ^c	35 ± 0.56 ^b	450. 26 ^b	55 ± 0.36 ^b	60
2.9 ± 0.1 ^a	3.2 ± 0.2 ^a	3.5 ± 0.07 ^a	6 ± 0.82 ^f	8 ± 0.06 ^e	12 ± 0.4 ^f	40 ± 0.15 ^a	55 ± 0.4 ^a	60 ± 0.262 ^a	75

كل قيمة في الجدول تمثل المتوسط الحسابي (n=3) ± الانحراف المعياري، تشير الأحرف الكبيرة A, B على يسار الأرقام إلى وجود فروق معنوية في السطر نفسه، تشير الأحرف الصغيرة a, b, c, d, e, f على يمين الأرقام إلى وجود فروق معنوية في العمود نفسه.

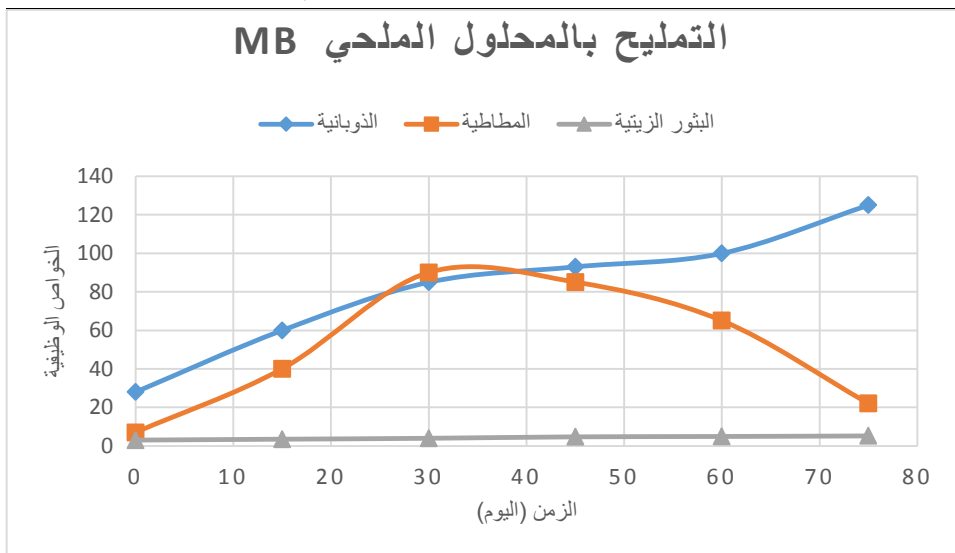
بالنظر إلى المخططات البيانية (18) و(19) والجدول (11) يتبين لنا تأثير تقدم زمن التبريد في ذوبانية ومطاطية والبثور الزيتية للجبن حيث لوحظت زيادة الذوبانية والبثور الزيتية مع تقدم الزمن وقد جاءت هذه النتائج موافقة للعالم [21] ، أما المطاطية فقد ارتفعت تدريجياً حتى اليوم الشهر تقريباً ثم بدأت بالانخفاض التدريجي أيضاً وهذا يتوافق مع [22].

بين التحليل الإحصائي ($P>0.05$) عدم وجود تأثير معنوي لدرجة العجن في الخواص الوظيفية (الذوبانية، المطاطية والبثور الزيتية) لجبن الموزريلا المصنع باستخدام البادئ YO و هذا يتوافق مع [25].

رابعاً: نتائج تأثير تغيير طريقة التملح في الخواص الوظيفية لجبن الموزريلا المصنع باستخدام البادئ MB

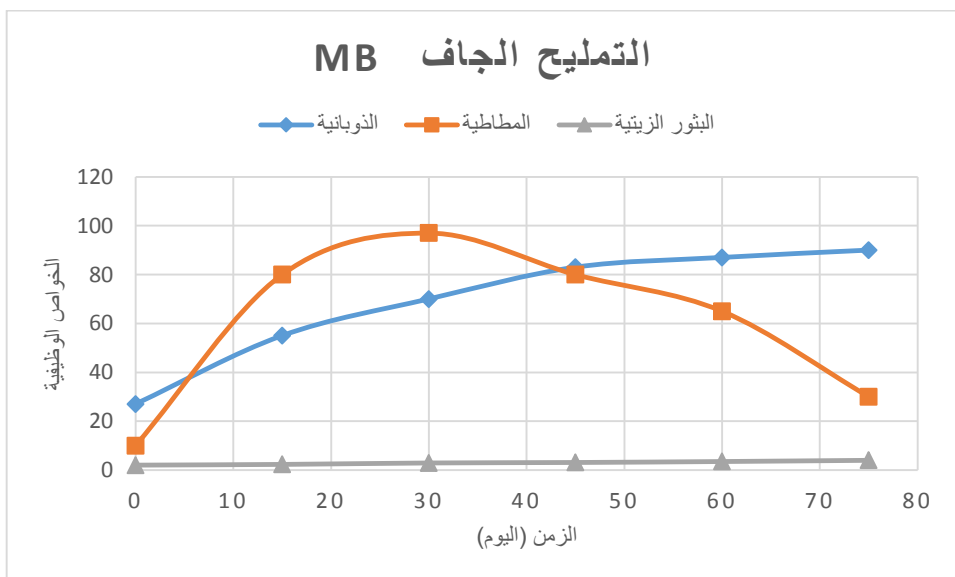
يمثل الجدول (12) نتائج تأثير طريقة التملح بالمحلول والتمليح الجاف في الخواص الوظيفية لجبن الموزريلا المصنع باستخدام البادئ MB وذلك خلال فترة التخزين المبرد، وتوضح المخططات (22) و(23) نتائج طريقتي التملح بالمحلول والجاف على التوالي في الخواص الوظيفية لجبن الموزريلا المصنع باستخدام البادئ MB.

تأثير تغيير السلالة البادنة ودرجة حرارة العجن وطريقة التمليح في مواصفات جبن الموزريلا



المخطط (22): نتائج تأثير التمليح بالمحلول الملحي على الخواص الوظيفية لجبن الموزريلا

المصنع باستخدام البادئ MB



المخطط (23): نتائج تأثير التمليح الجاف على الخواص الوظيفية لجبن الموزريلا المصنع

باستخدام البادئ MB

الجدول (12): نتائج تأثير تغيير طريقة التملح في الخواص الوظيفية لجبن الموزريلا المصنع

باستخدام البادئ MB

البثور الزيتية (%)		المطاطية (cm)		الذوبانية (mm)		درجة الحرارة الزمن (اليوم)
التمليح الجاف	التمليح بالمحلول	التمليح بالجاف	التمليح بالمحلول	التمليح الجاف	التمليح بالمحلول	
B2±0.15 ^{cd}	A3±0.08 ^e	A10±0.9 ^e	A7±0.24 ^f	A27±1 ^f	A28±0.43 ^f	0
2.3±0.775 ^d	3.5±0.04 ^d	80±0.66 ^b	40±0.5 ^d	55±0.88 ^e	60±0.73 ^e	15
2.9±0.1 ^{bc}	4±0.22 ^c	97±0.83 ^a	90±0.45 ^a	70±0.4 ^d	85±0.21 ^d	30
3.1±0.25 ^{ab}	4.8±0.1 ^b	80±0.35 ^b	85±0.72 ^b	83±0.26 ^c	93±0.7 ^c	45
3.5±0.1 ^{ab}	5±0.28 ^{ab}	65±0.85 ^c	65±0.82 ^c	87±0.03 ^b	100±0.07 ^b	60
4±0.07 ^a	5.3±0.2 ^a	30±0.22 ^d	22±0.72 ^e	90±0.1 ^a	125±0.2 ^a	75

كل قيمة في الجدول تمثل المتوسط الحسابي ($n=3$) \pm الانحراف المعياري، تشير الأحرف الكبيرة A, B على يسار الأرقام إلى وجود فروق معنوية في السطر نفسه، تشير الأحرف الصغيرة a, b, c, d, e, f على يمين الأرقام إلى وجود فروق معنوية في العمود نفسه.

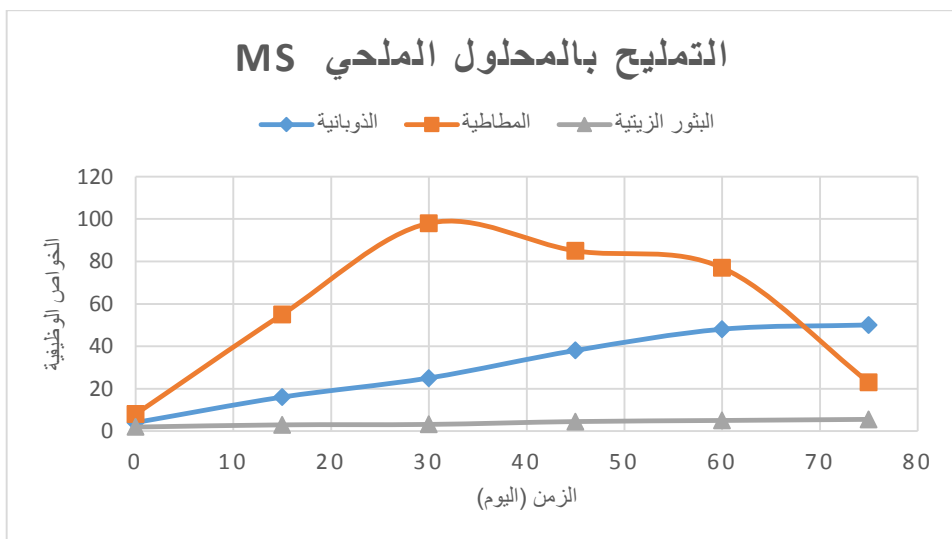
بالنظر إلى المخططات (22) و (23) والجدول (12) يتبين لنا تأثير تقدم زمن التبريد في ذوبانية ومطاطية والبثور الزيتية للجبن حيث لوحظت زيادة الذوبانية والبثور الزيتية مع تقدم الزمن وقد جاءت هذه النتائج موافقة للعالم [21]، أما المطاطية فقد ارتفعت تدريجياً حتى اليوم 40 تقريباً ثم بدأت بالانخفاض التدريجي أيضاً وهذا يتوافق مع [22].

تأثير تغيير السلالة البادنة ودرجة حرارة العجن وطريقة التمليح في مواصفات جبن الموزريلا

لا يوجد تأثير هام ($p > 0.05$) لطريقة التمليح في الذوبانية والمطاطية، لكن التحليل الإحصائي بين وجود فروق معنوية هامة ($p < 0.05$) بين طريقتي التمليح فيما يخص البثور الزيتية لصالح التمليح الجاف حيث تكون نسبة البثور الزيتية أقل ويعزى ذلك إلى تحسين استحلاب الدسم بسبب تبادل الكالسيوم في الكازئين وبالتالي فرص أقل لانفصال الزيت وتشكل البثور [26].

خامساً: نتائج تأثير تغيير طريقة التمليح في الخواص الوظيفية لجبن الموزريلا المصنع باستخدام البادئ MS

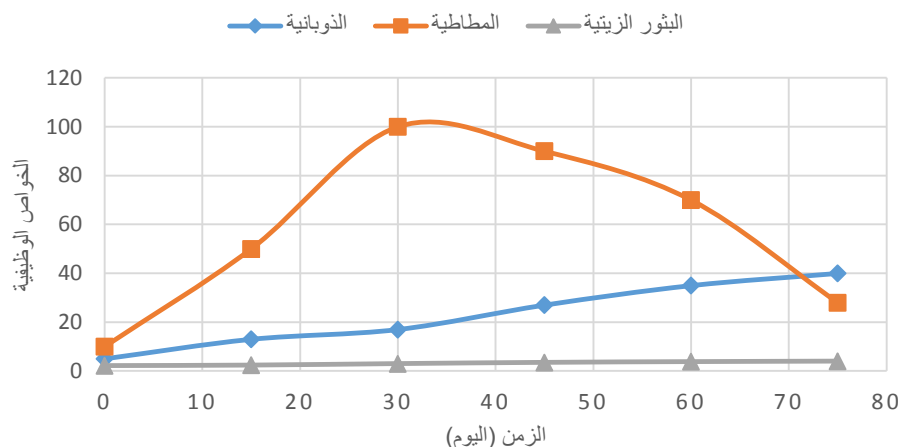
يمثل الجدول (13) نتائج تأثير طريقة التمليح بالمحلول والتمليح الجاف في الخواص الوظيفية لجبن الموزريلا المصنع باستخدام البادئ MS وذلك خلال فترة التخزين المبرد، وتوضح المخططات (24) و (25) نتائج طريقتي التمليح بالمحلول والجاف على التوالي في الخواص الوظيفية لجبن الموزريلا المصنع.



المخطط (24): نتائج تأثير التمليح الجاف على الخواص الوظيفية لجبن الموزريلا المصنع

باستخدام البادئ MB

التمليح الجاف MS



المخطط (25): نتائج تأثير التملح الجاف على الخواص الوظيفية لجبن الموزريلا المصنع

باستخدام البادئ MS

الجدول (13): نتائج تأثير تغيير طريقة التملح في الخواص الوظيفية لجبن الموزريلا المصنع

باستخدام البادئ MS

البثور الزيتية (%)		المطاطية (cm)		الذوبانية (mm)		درجة الحرارة الزمن (اليوم)
التمليح الجاف	التمليح بالمحلول	التمليح بالجاف	التمليح بالمحلول	التمليح الجاف	التمليح بالمحلول	
B2.2 ± 0.13 ^c	A2 ± 0.075 ^d	A10 ± 0.53 ^f	A8 ± 0.2 ^f	A5 ± 0.12 ^f	A4 ± 0.36 ^f	0
2.4 ± 0.3 ^c	3 ± 0.55 ^c	50 ± 0.36 ^d	55 ± 0.032 ^d	13 ± 0.16 ^e	16 ± 0.123 ^e	15
30 ± 0.56 ^{bc}	3.2 ± 0.05 ^b	10 ± 0.01 ^a	90 ± 0.05 ^a	17 ± 0.37 ^d	25 ± 1.1 ^d	30
3.5 ± 0.4 ^{ab}	4.5 ± 0.23 ^{ab}	90 ± 0.25 ^b	85 ± 0.43 ^b	27 ± 0.44 ^c	38 ± 0.46 ^c	45

تأثير تغيير السلالة البادنة ودرجة حرارة العجن وطريقة التمليح في مواصفات جبن الموزريلا

3.8 ± 0.1 ^{ab}	5 ± 0.06 ^a	70 ± 0.53 ^c	77 ± 0.21 ^c	35 ± 0.82 ^b	48 ± 0.26 ^b	60
4 ± 0.3 ^a	5.5 ± 0.04 ^a	28 ± 0.072 ^e	23 ± 0.72 ^e	40 ± 0.7 ^a	50 ± 0.21 ^a	75

كل قيمة في الجدول تمثل المتوسط الحسابي ($n=3$) \pm الانحراف المعياري، تشير الأحرف الكبيرة A, B على يسار الأرقام إلى وجود فروق معنوية في السطر نفسه، تشير الأحرف الصغيرة a, b, c, d, e, f على يمين الأرقام إلى وجود فروق معنوية في العمود نفسه.

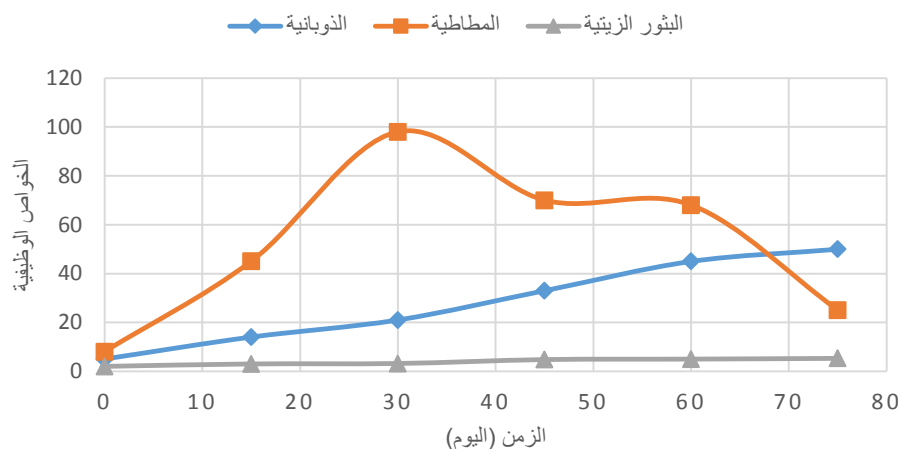
بالنظر إلى المخططات (24) و(25) والجدول (13) يتبين لنا تأثير تقدم زمن التبريد في ذوبانية ومطاطية والبثور الزيتية للجبن حيث لوحظت زيادة الذوبانية والبثور الزيتية مع تقدم الزمن وقد جاءت هذه النتائج موافقة للعالم [21]، أما المطاطية فقد ارتفعت تدريجياً حتى اليوم الشهر تقريباً ثم بدأت بالانخفاض التدريجي أيضاً وهذا يتوافق مع [22].

لا يوجد تأثير هام ($p > 0.05$) لطريقة التمليح في الذوبانية والمطاطية، لكن التحليل الإحصائي بين وجود فروق معنوية هامة ($p < 0.05$) بين طريقتي التمليح فيما يخص البثور الزيتية لصالح التمليح الجاف حيث تكون نسبة البثور الزيتية أقل ويعزى ذلك إلى تحسين استحلاب الدسم بسبب تبادل الكالسيوم في الكازئين وبالتالي فرص أقل لانفصال الزيت وتشكل البثور [24].

سادساً: نتائج تأثير تغيير طريقة التمليح في الخواص الوظيفية لجبن الموزريلا المصنع باستخدام البادئ YO

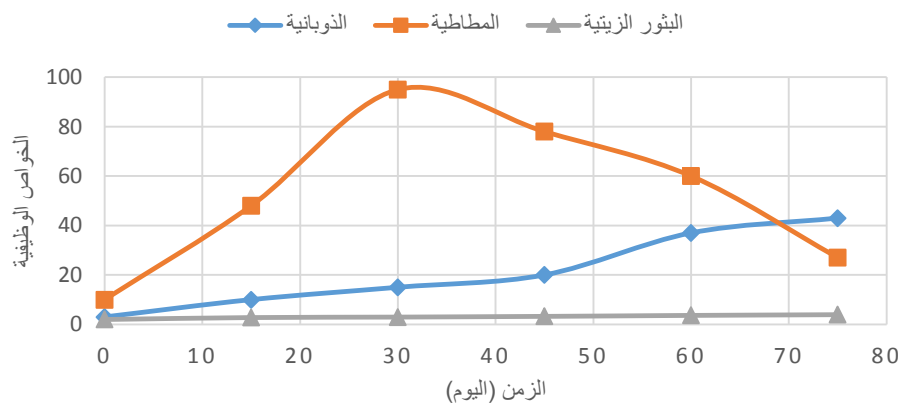
يمثل الجدول (14) نتائج تأثير طريقة التمليح بالمحلول والتمليح الجاف في الخواص الوظيفية لجبن الموزريلا المصنع باستخدام البادئ YO وذلك خلال فترة التخزين المبرد، وتوضح المخططات (26) و(27) نتائج طريقتي التمليح بالمحلول والجاف على التوالي في الخواص الوظيفية لجبن الموزريلا المصنع باستخدام البادئ YO.

التمليح بالمحلول الملحي YO



المخطط (26): نتائج تأثير التملح بالمحلول الملحي على الخواص الوظيفية لجبن الموزريلا المصنع باستخدام البادئ YO

التمليح الجاف YO



المخطط (27): نتائج تأثير التملح الجاف على الخواص الوظيفية لجبن الموزريلا المصنع باستخدام البادئ YO

تأثير تغيير السلالة البادنة ودرجة حرارة العجن وطريقة التمليح في مواصفات جبن الموزريلا

الجدول (14): نتائج تأثير تغيير طريقة التمليح في الخواص الوظيفية للجبن المصنع باستخدام

البادئ YO

الخواص الوظيفية		الذوبانية (mm)		المطاطية (cm)		البثور الزيتية (%)
درجة الحرارة	الزمن (اليوم)	التمليح بالمحلول	التمليح الجاف	التمليح بالمحلول	التمليح الجاف	التمليح الجاف
		A5 ± 0.1 ^e	A3 ± 0.08 ^e	A8 ± 0.11 ^f	A10 ± 0.39 ^f	A2 ± 0.03 ^c
	0					B2 ± 0.05 ^d
	15	14 ± 0.26 ^f	10 ± 0.93 ^f	45 ± 0.09 ^d	48 ± 0.06 ^d	3 ± 0.06 ^b
	30	21 ± 0.68 ^d	15 ± 0.24 ^d	98 ± 0.87 ^a	95 ± 0.07 ^a	3.2 ± 0.18 ^{bc}
	45	33 ± 0.75 ^c	20 ± 0.18 ^c	70 ± 0.45 ^b	78 ± 0.5 ^b	4.8 ± 0.2 ^a
	60	45 ± 0.43 ^b	37 ± 0.39 ^b	68 ± 0.07 ^c	60 ± 0.043 ^c	5 ± 0.6 ^a
	75	50 ± 0.7 ^a	43 ± 0.73 ^a	25 ± 0.65 ^e	27 ± 0.8 ^e	5.3 ± 0.4 ^a

كل قيمة في الجدول تمثل المتوسط الحسابي (n=3) ± الانحراف المعياري، تشير الأحرف الكبيرة A, B على يسار الأرقام إلى وجود فروق معنوية في السطر نفسه، تشير الأحرف الصغيرة a, b, c, d, e, f على يمين الأرقام إلى وجود فروق معنوية في العمود نفسه.

بالنظر إلى المخططات (26) و (27) والجدول (14) يتبين لنا تأثير تقدم زمن التبريد في ذوبانية ومطاطية والبثور الزيتية للجبن حيث لوحظت زيادة الذوبانية والبثور الزيتية مع تقدم الزمن وقد جاءت هذه النتائج موافقة للعالم [21]، أما المطاطية فقد ارتفعت تدريجياً حتى اليوم الشهر تقريباً ثم بدأت بالانخفاض التدريجي أيضاً وهذا يتوافق مع [22]

لا يوجد تأثير هام ($p > 0.05$) لطريقة التمليح في الذوبانية والمطاطية، لكن التحليل الإحصائي بين وجود فروق معنوية هامة ($p < 0.05$) بين طريقتي التمليح فيما يخص البثور الزيتية لصالح التمليح الجاف حيث تكون نسبة البثور الزيتية أقل ويعزى ذلك إلى تحسين استحلاب الدسم بسبب تبادل الكالسيوم في الكازئين وبالتالي فرص أقل لانفصال الزيت وتشكل البثور [26]

سابعاً: نتائج اختبار الذوبانية لعينات جبن الموزريلا المصنعة باستخدام البادئات الثلاث وحمض السيترك عند درجة العجن 75°C ودرجة الطبخ 39°C

الجدول (15): نتائج ذوبانية عينات جبن الموزريلا المصنعة باستخدام البادئات الثلاث وحمض السيترك

الذوبانية				الخواص الوظيفية
M25	M21	M13	M5	الزمن (اليوم)
$B15 \pm 0.1^f$	$B8 \pm 0.65^f$	$AB10 \pm 0.4^f$	$A25 \pm 0.23^f$	0
20 ± 0.13^e	12 ± 0.12^e	13 ± 0.23^e	58 ± 0.04^e	15
23 ± 0.05^d	24 ± 0.17^d	50 ± 0.1^d	80 ± 0.17^d	45
27 ± 0.33^c	35 ± 0.82^c	61 ± 0.24^c	90 ± 0.09^c	60

تأثير تغيير السلالة البادنة ودرجة حرارة العجن وطريقة التمليح في مواصفات جبن الموزريلا

32±0.36 ^b	450.26b	63±0.5 ^b	98±0.86 ^b	75
----------------------	---------	---------------------	----------------------	----

كل قيمة في الجدول تمثل المتوسط الحسابي ($n=3$) \pm الانحراف المعياري، تشير الأحرف الكبيرة A, B على يسار الأرقام إلى وجود فروق معنوية في السطر نفسه، تشير الأحرف الصغيرة a, b, c, d, e, f على يمين الأرقام إلى وجود فروق معنوية في العمود نفسه.

بين التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية هامة ($p<0.05$) بين العينة المصنعة باستخدام البادئ MB والعينات المصنعة باستخدام البادئ YO وحمض السيترك على التوالي لصالح البادئ MB وهذا يتوافق مع [27].

ثامناً: نتائج اختبار المطاطية لعينات جبن الموزريلا المصنعة باستخدام البادئات الثلاث وحمض السيترك عند درجة العجن 75°م ودرجة الطبخ 39°م

الجدول (16): نتائج اختبار المطاطية لعينات جبن الموزريلا المصنعة باستخدام البادئات الثلاث وحمض السيترك خلال التخزين المبرد

المطاطية				الخواص الوظيفية
M25(CIT RIC ACI	YO (75°C)	MS (75°C)	MB (75°C)	الزمن (اليوم)
A0.04 ^d 82±	AB11±0.23 ^d	AB10±0.22 ^e	B10±0.3 ^e	0
°95±0.3	55±0.09 ^c	67±0.83 ^c	67±0.8 ^b	15

0.1 ^a 120±	89±0.18 ^a	90±0.21 ^a	91±0.1 ^a	45
0.32 ^b 110±	75±0.6 ^b	70±0.8 ^b	65±0.42 ^c	60
0.12 ^c 95±	55±0.32 ^c	60±0.35 ^d	30±0.25 ^d	75

كل قيمة في الجدول تمثل المتوسط الحسابي ($n=3$) \pm الانحراف المعياري، تشير الأحرف الكبيرة A, B على يسار الأرقام إلى وجود فروق معنوية في السطر نفسه، تشير الأحرف الصغيرة a, b, c, d, e, f على يمين الأرقام إلى وجود فروق معنوية في العمود نفسه.

بين التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية هامة ($p<0.05$) بين العينات المصنعة باستخدام البادئات والعينة المصنعة باستخدام حمض السيترك حيث لوحظ أن مطاطية الموزريللا المصنعة باستخدام MB بلغت القيمة الأقل أما العينة المصنعة باستخدام حمض السيترك بلغت القيمة الأعلى وهذا يتوافق مع [28].

تاسعاً: نتائج اختبار البثور الزيتية لعينات جبن الموزريللا المصنعة باستخدام البادئات الثلاث وحمض السيترك عند درجة العجن 75°م ودرجة الطبخ 39°م

الجدول (17): نتائج اختبار البثور الزيتية لعينات جبن الموزريللا المصنعة باستخدام البادئات الثلاث وحمض السيترك

البثور الزيتية				الخواص الوظيفية
M25	M21	M13	M5	الزمن (اليوم)
A 0.1 ^c 1±	A1±0.4 ^d	AB1.8±0.2 ^e	B1±0.31 ^d	0

تأثير تغيير السلالة البادنة ودرجة حرارة العجن وطريقة التمليح في مواصفات جبن الموزريلا

0.2 ^{bc} 1.2±	1.4±0.06 ^d	2.8±0.12 ^d	2.4±0.32 ^c	15
0.4 ^b 1.3±	2±0.205 ^c	3±0.4 ^{cd}	3±0.23 ^{bc}	45
0.2 ^b 1.35±	2.4±0.08 ^{bc}	3.5±0.3 ^{bc}	3.2±0.75 ^{abc}	60
0.6 ^a 1.7±	2.8±0.1 ^{ab}	4±0.11 ^{ab}	4.1±0.137 ^{ab}	75

كل قيمة في الجدول تمثل المتوسط الحسابي ($n=3$) \pm الانحراف المعياري، تشير الأحرف الكبيرة A, B على يسار الأرقام إلى وجود فروق معنوية في السطر نفسه، تشير الأحرف الصغيرة a, b, c, d, e, f على يمين الأرقام إلى وجود فروق معنوية في العمود نفسه.

بين التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية هامة ($p<0.05$) بين جبن الموزريلا المصنع باستخدام MB وجبن الموزريلا المصنع باستخدام البادئ YO والجبن المصنع باستخدام حمض السيتريك لصالح الجبن المصنع باستخدام YO وحمض السيتريك حيث تميز الأخيران بنسبة بثور زيتية أقل وهو من علامات الجودة لجبن الموزريلا وهذا يتوافق مع [29].

الاستنتاجات:

- ✓ لم تؤثر درجة حرارة العجن على الخواص الوظيفية لجبن الموزريلا المصنع باستخدام البادئ MB.
- ✓ أثرت درجة حرارة العجن 75°م في الجبن المصنع باستخدام البادئ MS على نسبة البثور الزيتية التي كانت مرتفعة مقارنة بدرجتي الحرارة 65 و 90 °م.
- ✓ لم تؤثر درجة حرارة العجن في الخواص الوظيفية لجبن الموزريلا المصنع باستخدام البادئ YO.

✓ أدى استخدام التمليح الجاف للجبن المصنع باستخدام كل البادئات المدروسة إلى جبن ذو نسبة بثور زيتية منخفضة مقارنة بالتمليح بالمحلول الملحي.

✓

التوصيات:

- ✓ متابعة البحث بدراسة تأثير تغيير نوع الحليب المستخدم في تصنيع جبن الموزريلا على خواصها الوظيفية.
- ✓ متابعة البحث باستخدام السلالات المحلية في تصنيع جبن الموزريلا.

REFERENCES

1. Johnson, M. (2000). The melt and stretch of cheese. Wisconsin Center for Dairy Research, **Dairy Pipeline**. 12:1-5.
2. Kosikowski, F. (1986). New cheese-making procedures utilizing ultrafiltration. **Food technology** (USA).
3. Scott, R. (1981). Cheese Making Bractice. (Text book). Applied Sci. pub. Ltd. London.
4. Mc Mahon DJ, Oberg CJ, Mc Manus W.(1993). Functionality of Mozzarella cheese. **Aust J Dairy Technol**. 48:99–104.
5. Christensen, V. W. (1966). Manufacturing methods for high and low moisture Mozzarella. Amer. **Dairy Rev**, 28, 88-92.
6. Anonymous, 1977. Dairymen, Inc. brings Mozzarella to Franklinton, Louisiana. **Dairy Ice Cream Field**, 160: 76E-76E.
7. Oberg, E. N., Oberg, C. J., Motawee, M. M., Martini, S., & McMahon, D. J. (2015). Increasing stringiness of low-fat

mozzarella string cheese using polysaccharides. **Journal of dairy science**, 98(7), 4243–4254

8. Oberg, C. J., Wang, A., Moyes, L. V., Brown, R. J., & Richardson, G. H. (1991). Effects of proteolytic activity of thermolactic cultures on physical properties of Mozzarella cheese. **Journal of Dairy Science**, 74(2), 389-397.
9. Gonçalves MC, Cardarelli HR.(2019). Changes in water mobility and protein stabilization of mozzarella cheese made under different stretching temperatures. **Lebensm Wiss Technol**. 104:16–23.nology.
10. Mc Mahon DJ, Oberg CJ, Mc Manus W. (1993). Functionality of Mozzarella cheese. **Aust J Dairy Technol**. 48:99–104.
11. Feng, R., Barjon, S., van den Berg, F. W., Lillevang, S. K., & Ahrné, L. (2021). Effect of residence time in the cooker-stretcher on mozzarella cheese composition, structure and functionality. **Journal of Food Engineering**, 309, 110690.
12. Bhaskaracharya R.K. 2004. Development of Low Fat and Reduced Fat Mozzarella Cheese. Ph.D. Thesis, School of Molecular Sci., **Victoria Univ.**, Victoria, Australia, pp. 260-267.
13. Calandrelli, M. (2011). Manual on the Mozzarella Cheese. **Food and Agriculture Organization of the United Nation**, New York.
14. Friis, T. (1981). Production of Mozzarella cheese based on ultrafiltration. **Nordeuropaeisk Mejeritidsskrift**, 47, 220.
15. Everett DW, Rowney MK`, Hickey MW, Roupas P.(2004). Salt-induced structural changes in mozzarella cheese and the impact

upon free oil formation in ripening cheese. **Le Lait**. 84:539–549.
doi: 10.1051/lait:2004029.

16. Anderson,S.(2021).How the cheesemaking process influences melt and stretch.**Dairy Pipeline**.Volum33,Number 3.

17. IA, Z. (2014). Quality evaluation of Mozzarella cheese from different milk types. **Alexandria Science Exchange Journal**, 35(JULY-SEPTEMBER), 162-177.

18. Fasale, Abhijeet & Patil, Vaibhav & Bornare, D. T. (2017). Process Optimization for Mozzarella Cheese from Cow and Buffalo Milk. **International Journal of Food and Fermentation Technology**. 7. 165. 10.5958/2277-9396.2017.00018.6.

19. Emam, A. O., & Nasser, S. A. (2019). Effect of salting technique on shreddability, texture profile and microstructure of the pre-acidified Cow's Mozzarella Cheese. **Adv Dairy Res**, 7(3), 230-248.

20. AOAC Official Methods of Analysis (1999). 17th Ed. Association of Official Analytical Chemists, Inc. USA.

21. Ma, X., James, B., Balaban, M. O., Zhang, L., & Emanuelsson-Patterson, E. A. (2013). Quantifying blistering and browning properties of Mozzarella cheese. Part II: Cheese with different salt and moisture contents. **Food Research International**, 54(1), 917-921.

22. Guinee, T. P. (2002). The functionality of cheese as an ingredient: a review. **Australian Journal Of Dairy Technology**, 57(2), 79.

23. Mulvaney, S., Barbano, D. M., & Yun, J. J. (1997). Systems analysis of the plasticization and extrusion processing of mozzarella cheese. **Journal of Dairy Science**, 80.3030–3039.

24. Xue-xing, Z. (2013). Effect of stretching process on functionality of Mozzarella cheese. **Food Science and Technology International**.

25. Gonçalves MC, Cardarelli HR.(2019). Changes in water mobility and protein stabilization of mozzarella cheese made under different stretching temperatures. **Lebensm Wiss Technol**. 104:16–23.nology.
26. Baskaran, D. (2015). functional and cooking properties of mozzarella cheese with selective starter cultures. **International Journal of Agricultural**,5(4):369-376.
27. Dave RI, Sharma P, Muthukumarappan K.(2003).Effects of starter culture and coagulating enzymes on viscoelastic behavior and melt of Mozzarella cheese. **J Food Sci**. 2003; 68:1404–1410. doi: 10.1111/j.1365-2621. 2003. Tb 09657.x.
28. Aziz, Abd & abo-srea, Metwaly. (2014). the effect of direct acidification by different acidulants on the properties of mozzarella cheese.**Journal of Food and Dairy Sciences**, Mansoura University Vol.5 No. (1): 7-13 , 201.
29. Jooyandeh, Hossein & Majid, Nooshkam & Davari, Amir. (2016). Effects of Different Manufacturing Methods on Yield, Physicochemical and Sensory Properties of Mozzarella Cheese. **Iranian Food Science and Technology Research Journal**. 12. 371-381.

" تحضير أكسيد النحاس النانوي وتطبيقه باستخدام تقنية الطلاء بالسكين للحصول على قماش ناقل للكهرباء "

م. نسرین الأطرش¹ د.م. غزل طهماز² د.م. زياد سفور³

قسم هندسة الغزل والنسيج - كلية الهندسة الكيميائية والبترولية - جامعة حمص - حمص - سوريا

ملخص:

يرتكز هذا البحث على دراسة تحضير أكسيد النحاس النانوي بطريقة السول جل، وتوصيف بودة الأكسيد الناتجة بعدة اختبارات (FTIR, EdX, SEM, Ec, XRD)، إذ أظهرت النتائج أن متوسط حجم الجسيمات بلغ (31.6nm)، و تم تطبيق الجسيمات النانوية على نسيج ممزوج من القطن والبوليستر باستخدام تقنية الطلاء بالسكين، مع تغيير عدد طبقات الطلاء (من 2 إلى 6 طبقات) لدراسة تأثيرها على خصائص النسيج من خلال إجراء عدة اختبارات من أهمها حساب نسبة تغلغل الطلاء، وتبين أن نسبة تغلغل الطلاء بالقماش تزداد مع ازدياد عدد طبقات الطلاء إلى حد معين، من ثم بدأت بالانخفاض بعد ثلاث طبقات لتصل نسبة التغلغل عند الست طبقات (19%)، وأيضاً تم قياس الناقلية الكهربائية وتبين أن العينات المعالجة لها ناقلية كهربائية تزداد مع زيادة طبقات الطلاء إذ كانت قيمة الناقلية لعينة الست طبقات (2.22×10^{-7} s/cm)، وبالإضافة لدراسة الانتقالات الالكترونية للعينات المعالجة لحساب قيمة المجال المحظور والذي قيمته (1.6ev) لعينة القماش المعالجة بست طبقات من الطلاء الحاوي على أكسيد النحاس، ولوحظ أن عملية المعالجة لم تؤثر بشكل كبير على خصائص القماش كالصلابة والتمزق.

كلمات مفتاحية: قماش ناقل، انتقالات الكترونية، أكسيد النحاس النانوي، تقنية سول جل،

نسيج تقني.

Preparation of Copper Oxide Nanoparticles and Their Application Using Knife-Coating Technique to Produce Electrically Conductive Fabric

Abstract:

This research is based on studying the preparation of nano copper oxide using the sol-gel method, and characterizing the resulting oxide powder through several tests (FTIR, EdX, SEM, Ec, XRD). The electron microscope image showed that the average diameter of the oxide particles was (31.6 nm). Then, copper oxide was applied to a blended fabric (cotton/polyester) using the knife coating technique for treatment by applying several layers of paint containing the oxide (2, 3, 4, 5, 6 layers). Its properties on fabrics were studied by conducting several tests, the most important of which was calculating the paint penetration rate. It was found that the paint penetration rate into the fabric increases with the increase in the number of paint layers to a certain extent, then it began to decrease after three layers until the penetration rate reached (19%) at six layers. The electrical conductivity was also measured and it was found that the treated samples had an electrical conductivity that increased with the increase in paint layers, as the conductivity value for the six-layer sample was (2.22×10^{-7} s/cm). In addition to studying the electronic transfers of the treated samples To calculate the forbidden field value of (1.6ev) for a fabric sample treated with six layers of copper oxide coating, it was noted that the treatment process did not significantly affect the fabric properties such as hardness and tearing.

Keywords: conductive fabric, electronic transfer, nano copper oxide, Sol-gel technique, technical fabric.

1- مقدمة:

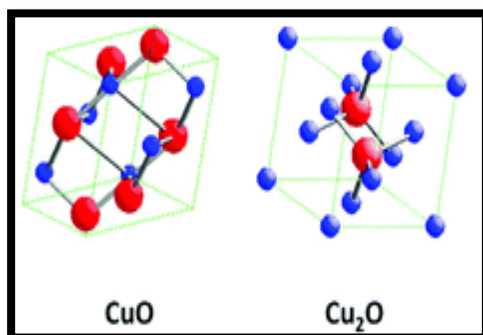
منذ القرن التاسع عشر حدثت تغيرات ثورية بمعدل غير مسبوق في العديد من مجالات العلوم والتكنولوجيا والتي كان لها تأثير كبير على كل إنسان، وقد أدى هذا التطور إلى تقدم هائل في صناعة النسيج والتي لها تاريخ يمتد لآلاف السنين، إذ شمل هذا التطور في مجال صناعة الأقمشة للحصول على أقمشة ذكية متعددة الوظائف وذات وزن خفيف بالإضافة إلى مجموعة من الخصائص الهندسية [2,1]، ومن الأمثلة عن الأقمشة الذكية (المنسوجات الذكية الإلكترونية) (الناقلة للكهرباء)، المنسوجات الوقائية، المقاومة للبكتيريا...، إذ يتم الحصول على الأقمشة ذات الخصائص الوظيفية من خلال عمليات المعالجة التي تقوم على تعديل لسطوح المواد النسيجية لإضافة الخاصية الوظيفية المطلوبة [3]، ومن أهم تقنيات هذه المعالجات المستخدمة في مجال الأقمشة هي تقنية الطلاء بالسكين، فهذه العملية تؤدي إلى تغليف القماش بطلاء خاص يعطي خاصية معينة يضيفها إلى القماش ليتم إنتاج أقمشة مطلية [4]. إن هذه الطريقة معروفة بطريقة الطلاء بالسكين، إذ يتم مد القماش الجاف فوق حامل موضوع تحت أداة تسمى السكين، يتم سكب مواد الطلاء أمام السكين عن طريق مغرفة أو عن طريق مضخة على عرض القماش ويتم نقله تحت السكين [5]، وذلك للحصول على طبقة من الطلاء متجانسة على كامل سطح القماش.

تطورت تكنولوجيا المواد النانوية على مر العقود الماضية بشكل كبير وغير عادي في مجالات الصناعات النسيجية المتنوعة، وذلك بسبب الطلب المتزايد على تصنيع الأقمشة الوظيفية الذكية، إذ يمكن للمواد النانوية أن توفر خصائص وظيفية أفضل (ناقلية كهربائية، خصائص ضوئية، مغنطة...) مقارنة مع المادة ذاتها في شكلها الخشن أو الكتلي، فما إن تقل أبعاد المادة إلى ما دون (100nm) حتى تبدأ مكوناتها بإظهار سمات غير معتادة تتركز على ميكانيك الكم أكثر منه على الميكانيك النيوتوني المايكروسكوبي، وهذا ما يؤثر

في العديد من الخواص الفيزيائية للمادة مثل الناقلية، الانتقال الحراري، درجة حرارة الانصهار....[6] .

تزداد فعالية أكاسيد المعادن عندما تكون على شكل جسيمات نانوية مقارنة بالجزيئات العادية، ويرتبط ذلك بمساحة سطحها الكبيرة جداً[7] .

جذبت أكاسيد النحاس اهتماماً كبيراً نظراً لخصائصها الضوئية والمغناطيسية الضوئية المثيرة للاهتمام، يعد أكسيد النحاس نصف ناقل من النوع (p-type) مجاله المحظور (2.17 eV) [8]، وله نوعين من الأكاسيد المستقرة في الطبيعة، كما في الشكل (1): هما أكسيد النحاسي (cuprous) (Cu_2O)، والآخر هو أكسيد النحاس (cupric) (CuO). يتميز كل منهما بخصائص فيزيائية وكيميائية مختلفة [9]، حيث تعمل الظروف الغنية بالأكسجين على زيادة ناقليتهما الكهربائية[8] .



الشكل (1) أشكال أكسيد النحاس

يمكن أن تعزز البنية النانوية لأكاسيد النحاس (Cu_xO) بخصائص فريدة لا توجد في شكلها الكتلي (bulk) أو غير النانوي [10]، استخدمت طرائق مختلفة للحصول على أكاسيد النحاس النانوية مثل استخدام القوالب (Using Templates) ، والمساعدة بالميكروويف (Microwave-Assistance)، والتحلل الحراري (Thermal Decomposition)

والتفاعلات الأمواج فوق الصوتية (ultrasonunic) والتفاعلات الحرارية المائية (Hydrothermal Reactions) إضافة لتقنية السول جل [11].

تم في هذا البحث تم تحضير أكسيد النحاس النانوي بطريقة السول جل وتوصيفه توصيفاً كيميائياً ومورفولوجياً، وتطبيقه على الأقمشة باستخدام تقنية الطلاء بالسكين ودراسة خصائصه على الأقمشة للحصول على قماش ناقل كهربائياً ، ومن الجدير بالذكر مجالات تطبيق مثل هذا النوع من الأقمشة الناقلة في صناعة الخلايا الشمسية كطبقة موصلة وماصة للضوء من طبقات الخلية الشمسية، بالإضافة لاستخدامها في حماية الأسطح من التأثيرات الضارة لطاقة الأمواج اللاسلكية مثل ترددات الموبايل، والترانزستورات، أقمشة المضئية، أجهزة الاستشعار المختلفة، مكثفات لتخزين الطاقة، الالكترونييات المرنة [12,13].

2- هدف البحث:

يهدف البحث إلى:

- تحضير أكسيد النحاس النانوي بطريقة السول جل وإجراء توصيف للبودة الناتجة.
- تحضير طلاء حاوٍ على بودرة أكسيد النحاس النانوي.
- تطبيق هذا الطلاء المحضر بتقنية الطلاء بالسكين على عينات من الأقمشة الممزوجة (قطن 65%، بوليستر 35%) وذلك بعدة طبقات (2,3,4,5,6).
- دراسة تأثير معالجة الأقمشة بأكسيد النحاس من ناحية (ناقلية كهربائية، انتقالات الكترونية) ومدى تأثيره على بعض خصائص القماش الأخرى (التمزق، الصلابة).

3- مواد وطرائق البحث:

3-1- مواد البحث:

قماش ممزوج (قطن/بوليستر) تم شراؤه من السوق المحلية، هيدروكسيد الصوديوم، خلات النحاس، حمض الخل، ألجينات الصوديوم، يوريا، ماء مقطر، ويوضح الجدول (1) مواصفات القماش المستخدم في البحث وهو قماش مجهز مقصور من خامة ممزوج (قطن 65% /بوليستر 35%)، إذ تم اختيار هذا الصنف من القماش بناءً على دراسة أجريت سابقاً على أصناف مختلفة، وتبين نتيجة الدراسة أن القماش الممزوج بهذه المواصفات هو الأفضل لاستخدامه في هذه التقنية من المعالجة للحصول على قماش ناقل كهربائياً بمواصفات جيدة من ناحية التغلغل ونسبة التحميل والتوزيع المناسب للطلاء على سطحه [14].

الجدول (1) مواصفات القماش

الخامة	نسبة المزج	التركيب النسيجي	الكثافة خيط/سم	نمر خيوط Ne	وزن المتر المربع المجهز g/m^2
ممزوج (قطن/بوليستر)	65% قطن 35% بوليستر	1/2 مبرد	36سداء 24حدف	السداء (2*30) الحدف (2*30)	258

3-2- أجهزة البحث:

3-2-1 جهاز الأمواج فوق الصوتية:

جهاز الأمواج فوق الصوتية من النوع (Digital Ultrasonic Cleaner Jeken PS-40A) الموجود في محابر كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية في جامعة حمص، يقوم بمبدأه على توليد أمواج فوق صوتية يبلغ ترددها

حوالي (40 KHz)، إذ تقوم هذه الأمواج ببعثرة تجمعات دقائق المواد الصلبة ضمن السوائل وذلك للحصول على التبعثر الجيد في المزاج الغروية أو لزيادة سرعة الانحلال [6]

3-2-2- جهاز الخلط والمجانسة:

هو جهاز يعمل بسرعات عالية تصل إلى (25000 rpm) والموجود في مخابر كلية الهندسة الكيميائية والبترولية في جامعة حمص، يطبق طاقة عالية على الطلاء، فيقلل من حجم قطيراته إلى الحجم المكروي أو النانوي ويقوم بخلطها ومجانستها بشكل جيد. حيث يعمل محرك الجهاز بسرعة (25000 دورة/ دقيقة) بتوتر (220 فولت) واستطاعة (500 واط) وتردد (50- 60 Hz) [15]

3-2-3- جهاز المطيافية للأشعة تحت الحمراء infrared spectroscopy :

هو جهاز (FTIR Thermos Nicolet 6700) المزود بتقنية الانعكاس الكلي المخفف (Attenuation Total Reflection) ATR لتحديد المجموعات الوظيفية في البودرة المحضرة والتحقق من الصيغة الكيميائية لأكسيد النحاس. اعتمدت التقنية على مبدأ الانعكاس الكلي للأشعة تحت الحمراء، حيث تم إجراء 64 مسحاً ضمن المجال العدد الموجي ($400 - 4000 \text{ cm}^{-1}$). يعود سبب اختيار هذا المدى إلى أن كل مجموعة وظيفية تمتلك عدداً موجياً مميزاً [16] إذ يتواجد هذا الجهاز في (هيئة الطاقة الذرية - دمشق).

3-2-4- المجهر الالكتروني الماسح:

تم توصيف الجسيمات النانوية التي تم الحصول عليها باستخدام المجهر الالكتروني الماسح (Scanning Electron Microscope) والذي يشار له اختصاراً ب SEM حيث تم تحديد قطر الجسيمات النانوية باستخدام برنامج Image ، وتقوم فكرة عمل المجهر على استخدام حزمة من الالكترونات عالية الطاقة وذات طول موجي قصير جداً تصطدم عمودياً بسطح العينة ومن ثم يتم جمع الإشارات المنعكسة والصادرة عن العينة باستخدام الكاشف Detector وبعد ذلك يتم معالجة هذه الإشارات ليتم إظهارها كصور. مكان تواجد المجهر

الالكتروني الماسح في هيئة الطاقة الذرية-دمشق، أما محلل EDX فهو تابع للمجهر بجهاز حاسب آخر [6].

3-2-5- جهاز طيف الانعراج بالأشعة السينية (X-ray diffraction spectrum):

جهاز من نوع PW(840) ذو مصعد من النحاس من انتاج شركة (Philips) الموجود في هيئة الطاقة الذرية في دمشق، وطول موجة الأشعة سينية التي يعطيها ($\lambda=1.54060\text{\AA}$)، مبدأ عمل الانعراج: يقوم الكاشف بتسجيل الزاوية التي تعرج عندها المستويات البلورية الأشعة السينية وشدات هذه الأشعة، وكي يتمكن الكاشف من تجميع كل الأشعة المنعرجة يتحرك الكاشف حول محور الشكل على دائرة حيث تولد المواضع الزاوية 2θ وشدات القمم المنعرجة مخططاً ثنائي البعد يدعى بمخطط الأشعة السينية المنعرجة، تمثل كل قمة على هذا المخطط ممیزاً للمادة [6].

3-2-6- جهاز الناقلية الكهربائية:

جهاز المسابر الأربعة المصنع من قبل شركة (SIGNATURE) الموضح مبدأ عمله في الشكل (2) والموجود في المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا في دمشق، يتكون هذا الجهاز من أربعة مسابر (مساري) تعمل كمجسات لقياس قيمة المقاومة الكهربائية، عند القياس يربط المجسين خارجيين بمولد تيار (KEITHLY-220) لتقديم تيار للعيينة، ويوصل المجسين الداخليين بمقياس جهد (KEITHLY-617) لقياس قيم الفولط في العينة وعلى أساسها يتم حساب قيمة المقاومة النوعية والناقلية الكهربائية مع الأخذ بالحسبان سماكة العينة وطول وعرض المنطقة المطلوبة ومسافة القياس للمسابر الأربعة ولكن أولاً يتم كبس البودرة على شكل قرص بقطر (1.3cm) باستخدام المكبس الهيدروليكي ومنه تم حساب القيم تبعاً للعلاقات التالية [17] (1)، (2):

$$\rho = s * t * \frac{V}{I} \dots \dots \dots (1)$$

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \dots \dots \dots (2)$$

حيث أن:

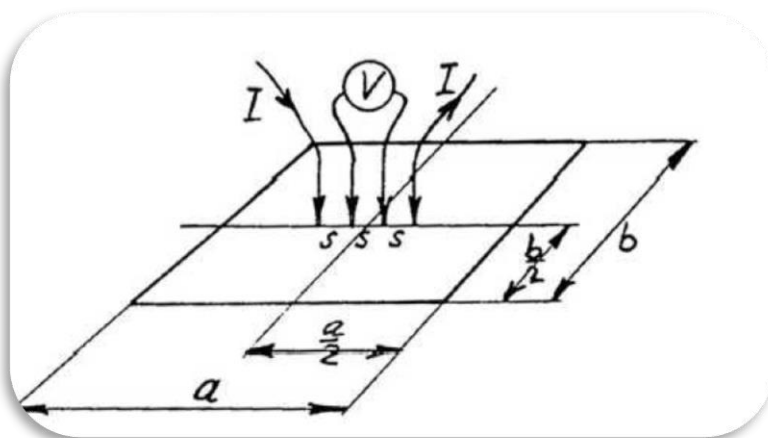
ρ : مقاومة النوعية الكهربائية وتقدر ($\Omega \cdot \text{cm}$) .

S: سماكة العينة تقدر ب (cm).

V: قيمة الجهد المقابل لقيم التيار المدخلة ويقدر ب (volt).

I: قيمة التيار المدخلة منى قبل الجهاز ويقدر ب أمبير (A) .

σ : الناقلية الكهربائية وتقدر ($\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$) .



الشكل (2) مخطط جهاز المسابر الأربعة

3-2-7- جهاز قياس الانعكاسية الضوئية:

جهاز قياس الانعكاسية الضوئية (سيكتروفوتومتر) (Triax-550-Jobin

Yvon)الموضح في الشكل (3) والمتواجد في هيئة طاقة الذرية في دمشق، إذ أنه

مجهز بمصباح هالوجين تنغستين كمصدر للضوء ، كاشف سيلكون، وعدسات ومرايا

وتم معايرة النظام باستخدام مرآة فضة [18]، تستخدم قيم الانعكاسية للقماش المعالج من أجل حساب نسبة التغلغل الطلاء ضمن العينة إذ تم حساب الانعكاسية لكل عينة على ثلاثة أوجه للقماش (الوجه الخلفي للقماش المطبوع (R)، الوجه المطلي للقماش (Rmin)، والوجه الأبيض غير المطلي (Rmax)، ومن ثم تم أخذ قيمة الانعكاسية لكل وجه من القماش وتطبيقه في العلاقة (3):

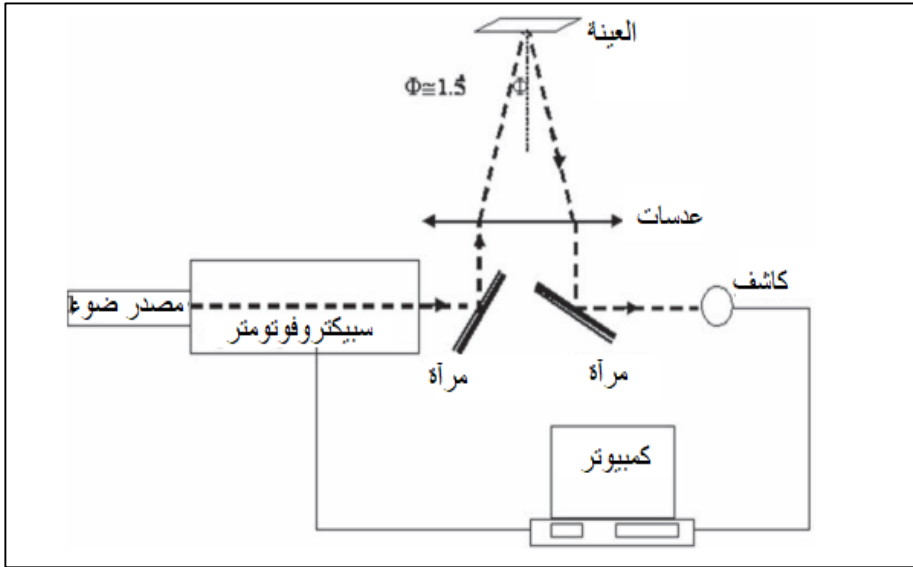
$$p = \frac{R_{\max} - R}{R_{\max} - R_{\min}} * 100 \dots \dots (3)$$

R: معامل الانعكاس على الوجه الخلفي للقماش المطبوع.

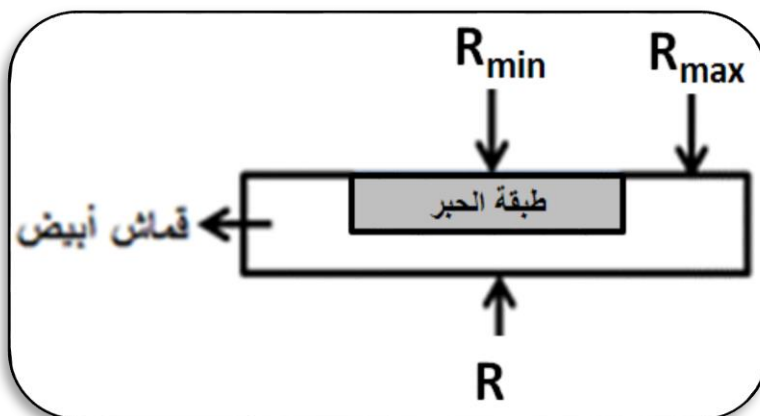
R_{max}: معامل الانعكاس للقماش غير المطبوع.

R_{min}: معامل الانعكاس على الوجه الملون للقماش.

والشكل (4) يوضح أماكن قياس الانعكاسية في الأقمشة المطلوبة



الشكل (3) جهاز قياس الانعكاسية الضوئية



الشكل (4) أماكن قياس الانعكاسية في الأقمشة المطلية

عندما تكون ($R=R_{min}$) فإن كمية الطلاء على الوجه الخلفي تساوي كميتها على الوجه العلوي المطبوع، ويكون التغلغل كاملاً ($P=100\%$)، أما عندما تكون ($R=R_{max}$) فذلك يعني أن طبقة الطلاء بقيت على السطح المطبوع، ولا يوجد فيه تغلغل، ويبقى الوجه الخلفي أبيض ($P=0$) [19].

3-2-8 - جهاز قوة التمزق:

جهاز اختبار قوة التمزق (Elmendorf test) المكون من فكين أحدهما ثابت والآخر متحرك إذ يتم تحضير عينات المراد اختبارها بأبعاد ($75 \times 100 \text{ mm}$) ومن ثم يتم إحداث شق في العينة بمقدار 2cm ثم يوضع طرفا العينة الممزقة بين فكي الجهاز، ومن ثم تحرير نواس مثبت عليه قرص ثقل محدد حيث تم اختيار الوزن المناسب للعينات بناءً على وزن المتر المربع للعينة، وعند تحرير النواس يقوم بتمزيق العينة ويتم قراءة الجهاز لقيمة قوة التمزق المقدرة بالنيوتن (N)، حيث أنه تم إجراء الاختبار ثلاث قراءات لكل عينة من ثم تم حساب قيمة متوسط القوة وذلك حسب المواصفة القياسية -ASTM D5587 (2019).15 [16] وكان تواجهه في مخبر كلية الهندسة الكيميائية والبترولية في جامعة حمص.

3-3- طرائق العمل:

3-3-1- تحضير أكسيد النحاس النانوي:

تم تحضير أكسيد النحاس باستخدام طريقة سول-جل وفق الدراسة المرجعية [20] إذ بدأت العملية بإذابة خلات النحاس في الماء المقطر لتكوين محلول حجمه (200 ml) و بتركيز (0.2M) ، ثم أضيف (1ml) من حمض الخل إلى المحلول ، الذي تم تسخينه حتى الدرجة (100c) ، عند الوصول للدرجة (100c°) أضيف (1g) من ماءات الصوديوم مع التحريك المغناطيسي المستمر ، مما أدى إلى تغير لون المحلول من الأزرق إلى الأسود المائل للبني، وبعدها يتم التبريد إلى درجة حرارة الغرفة، ثم غسل الراسب الناتج عدة مرات بالماء ، وجفف في فرن عند درجة حرارة (150C°) لمدة 5 ساعات ، وبعدها يتم طحنه ليتحول إلى مسحوق ناعم من أكسيد النحاس.

3-3-2- تحضير الطلاء الناقل الحاوي على أكسيد النحاس:

تم تحضير طلاء ناقل يحتوي على الأكسيد النحاس المحضر بطريقة السول جل، مع الحفاظ على تركيز ثابت للأكسيد ويوجد ضمن مكونات الطلاء الأساسية وهي مثخن طبيعي (ألجينات الصوديوم) ومادة مرطبة (يوريا) وماء مقطر، حيث تظهر نسب المكونات المستخدمة في الجدول (2) ، ثم تمت عملية الخلط على عدة مراحل متتالية لضمان التجانس ومنع التكتل، بدايةً مرحلة التحريك بالخلط المغناطيسي لمدة (15 min) من ثم التحريك بالأمواج فوق الصوتية لمدة (15 min) تليها مرحلة الخلط، باستخدام جهاز الخلط و المجانسة بسرعة (8000 rpm) لمدة (3 min) للحصول على طلاء متجانس وذو لزوجة معينة.

الجدول (2) نسب مكونات الطلاء الناقل

نوع المادة	مادة ناقله	مشتت المادة الناقله	مادة	مادة	تكمّل النسبة إلى
	(CuO)	(ماء مقطر)	الصوديوم)	مخثنة (ألجينات	مرطبة (يوريا)
النسبة المئوية الوزنية	5%	10%	0.5%	10%	74.50%

3-4-3- تطبيق الطلاء الناقل على القماش:

أُجريت عملية طلاء القماش الناقل للكهرباء باستخدام تقنية الطلاء بالسكين، وذلك بواسطة جهاز مخبري محلي الصنع متعدد السرعات، إذ ضبطت سرعة السكين على (0.2 cm/sec) وعدد أشواط للسكين ذهاباً وإياباً (8 أشواط قبل البدء بالطلاء، تم تثبيت عينة القماش بأبعاد (8× 25cm) على اللوح الزجاجي للجهاز باستخدام آلية شد وتثبيت مُحكمة. بعد ذلك، وُضع (2 ml) من الطلاء الناقل أمام السكين، ثم أُجريت عملية فرد الطلاء على كامل سطح العينة. بعد كل طبقة، جُففت العينة باستخدام الهواء الساخن لمدة (5 min).

تم تحضير خمس عينات معالجة، تختلف كل منها بعدد طبقات الطلاء، وهي كالتالي:

- عينة بطبقتين
- عينة بثلاث طبقات
- عينة بأربع طبقات
- عينة بخمس طبقات
- عينة بست طبقات

حيث تم استخدام نفس كمية الطلاء (2 ml) لكل طبقة في جميع العينات لضمان التوزيع المتجانس.

4- الاختبارات ومناقشة نتائجها:

4-1- اختبارات توصيف بودرة أكسيد النحاس المحضر:

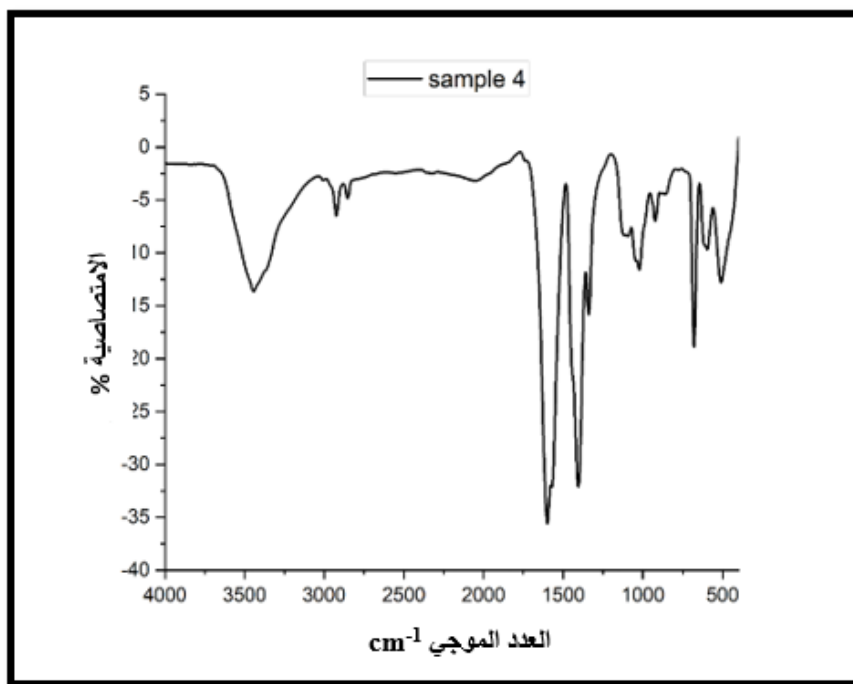
تم إجراء مجموعة اختبارات توصيف بودرة أكسيد النحاس المحضر باستخدام:

4-1-1- Attenuated Total Reflectance (ATR) FTIR Spectroscopy

FTIR) Reflectance Fourier Transform Infrared Spectroscopy

:(ATR-

أُجري التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء (FTIR) باستخدام جهاز (FTIR Thermos Nicolet 6700) مزود بتقنية الانعكاس الكلي المخفف (ATR) لتحديد المجموعات الوظيفية في البودرة المحضرة والتحقق من الصيغة الكيميائية لأكسيد النحاس.



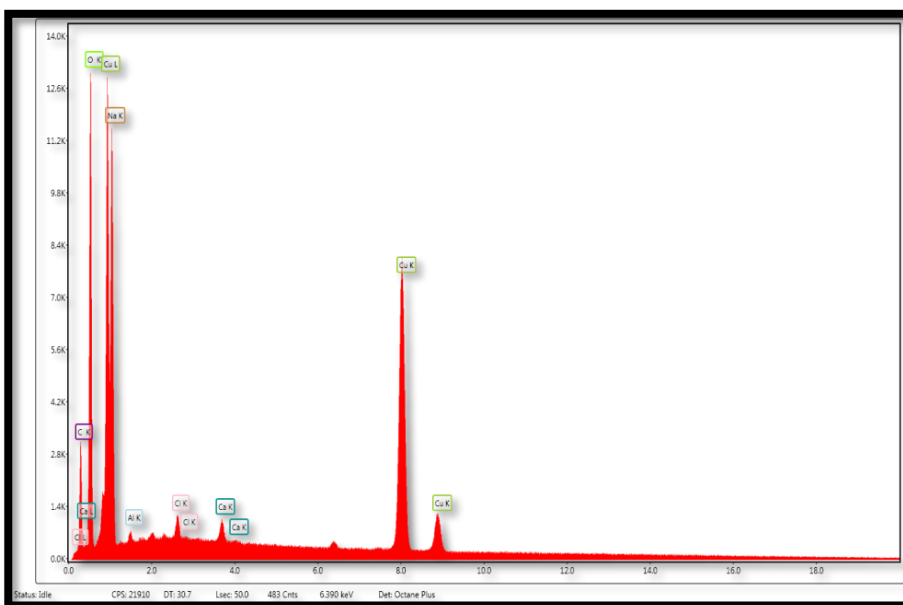
الشكل (5) طيف FTIR لعينة بودرة أكسيد النحاس

بينت نتائج التحليل باستخدام FTIR وجود قمم واضحة عند العدد الموجي (3455 cm^{-1}) تعود لاهتزازات الامتطاط للزمرة OH الناتجة عن وجود نسبة من الرطوبة في العينة المحضرة، وظهور قمة عند العدد الموجي (1602 cm^{-1}) تعود لاهتزازات الحني

للزمرة OH [22] كما، تظهر قمتين عند (2930 cm^{-1} , 2820 cm^{-1}) تعودان للامتطاط اللامتناظر والمتناظر لـ C-H(CH₃,CH₂) لزمرة الخلات في خلات النحاس، وأيضاً ظهور قمة عند (1402 cm^{-1}) وهي تعود لحني مجموعة C-H لزمرة الخلات أيضاً، وقم عند رابطة مجال عدد موجي (680-580 cm^{-1}) تعود للرابطة Cu-O وهي موافقة للدراسات المرجعية السابقة [23].

4-1-2- قياس طيف الأشعة السينية المشتت للطاقة -Energy-Dispersive X-Ray Spectroscopy (EDX):

تم إجراء هذا الاختبار لمعرفة نسب النحاس والأكسجين المتواجدة ضمن عينة بودرة أكسيد النحاس المحضر وفق الجدول (3)، ويبين الشكل (6) وجود قمم واضحة للنحاس والأكسجين.



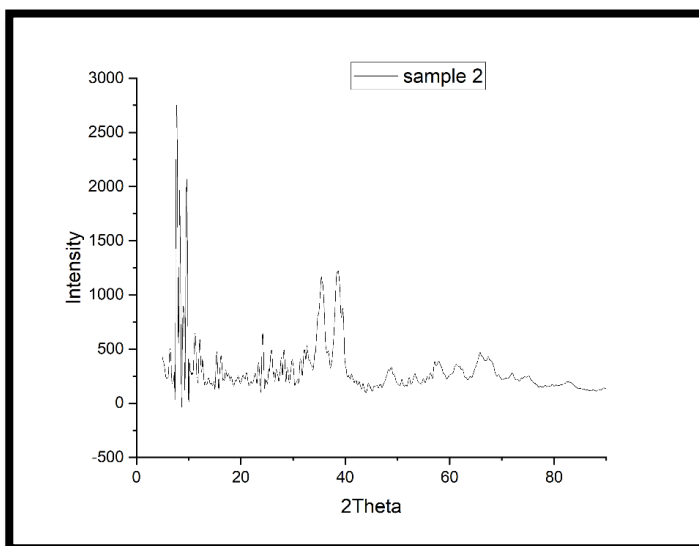
الشكل (6) طيف EdX لبودرة أكسيد النحاس

الجدول (3) نسبة العناصر المتواجدة ضمن البودرة

Element	Weight %	Atomic %
C K	6.13	18.92
O K	14.41	33.4
P K	0.48	0.58
Cl K	1.71	1.79
Ca K	0.6	0.55
Cu K	76.67	44.76

3-1-4- طيف الانعراج بالأشعة السينية (X-ray diffraction spectrum):

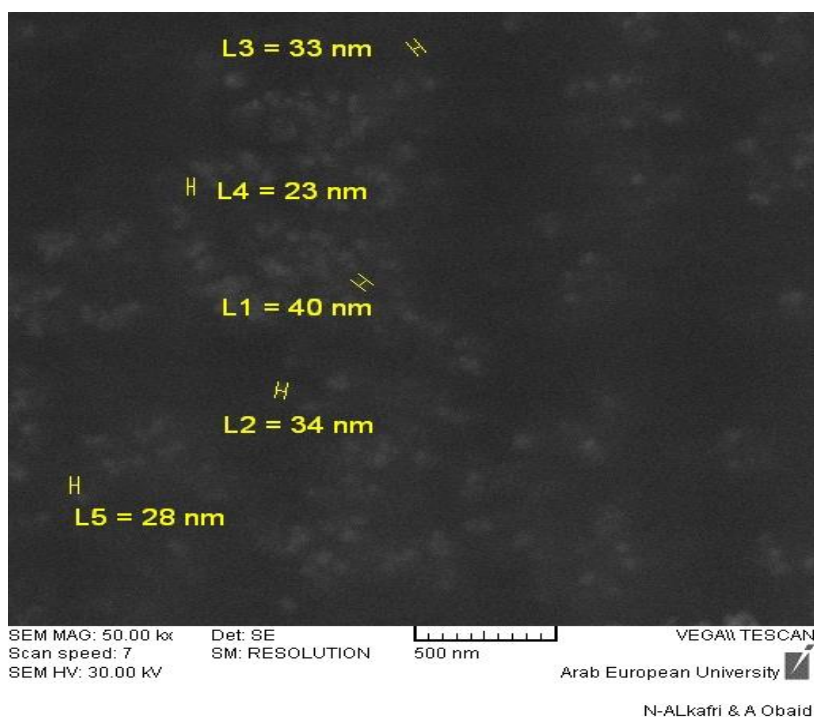
تم تسجيل طيف انعراج الاشعة السينية X-Ray لعينة أكسيد النحاس إجراء اختبار الانعراج بالأشعة السينية للعينة أكسيد النحاس محضرة لتحديد بنيته البلورية، ويبين الشكل (7) القيم التي أظهرت تطابق مع البطاقة المرجعية رقم (2-1040) وهي أن الأكسيد المحضر موافق للأكسيد من النوع (CuO) ذو تركيب أحادي الميل monoclinic.



الشكل (7) مخطط الانعراج لعينة أكسيد النحاس المحضر بطريقة السول-جل

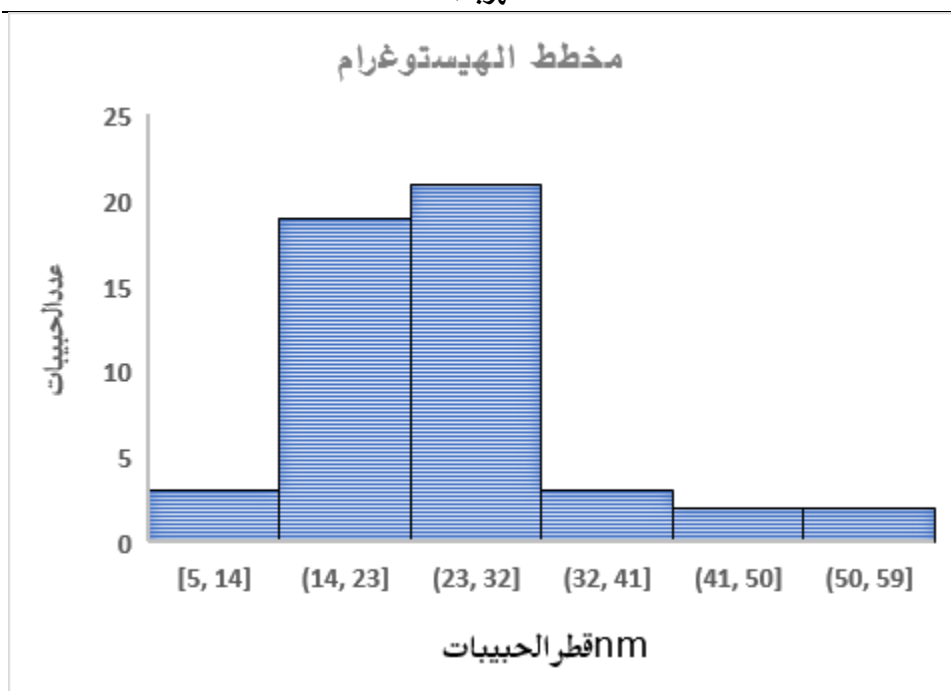
4-1-4- المجهر الالكتروني الماسح SEM:

تم توصيف جسيمات أكسيد النحاس النانوية باستخدام المجهر الالكتروني الماسح (SEM)، حيث تم تحديد حجم الجسيمات النانوية باستخدام برنامج Image ، فتيين من خلال صورة المجهر في الشكل (8) أن متوسط أحجام الحبيبات (31.5 nm) ، وقد أكدت هذه النتائج الطبيعية النانوية لأكسيد النحاس المحضر.



الشكل (8) صورة المجهر الالكتروني الماسح لبودرة أكسيد النحاس

" تحضير أكسيد النحاس النانوي وتطبيقه باستخدام تقنية الطلاء بالسكين للحصول على قماش ناقل للكهرباء "



الشكل (9) مخطط الهيستوغرام لأقطار حبيبات البودرة لأكسيد النحاس

4-1-5- قياس الناقلية الكهربائية لبودرة أكسيد النحاس (EC):

عند إجراء الاختبار لقياس الناقلية الكهربائية لبودرة أكسيد النحاس تم بداية كبس البودرة بالمكبس الهيدروليكي على شكل أقراص وقيست سماكتها تبين أن (0.234 cm)، ومن ثم بناء على العلاقات (1)(2) تم حسب قيمة الناقلية الكهربائية للعينة 1.35×10^{-7} (Sm/cm).

4-2- اختبارات توصيف القماش المعالج:

4-1-2- حساب نسبة تغلغل الطلاء ضمن القماش:

يعد حساب نسبة تغلغل الطلاء ضمن القماش خطوة ضرورية لمعرفة نسبة الطلاء التي تغلغلت ضمن القماش وتلك المتبقية على السطح، وهذا المؤشر مهم في البحث لأن الهدف الأساسي من تقنية المعالجة المطبقة على العينات هي معالجة سطحية أي يجب أن يبقى الطلاء على السطح وتغلغله أقل ما يمكن ضمن بنية القماش ولا ينفذ للوجه الآخر، وأيضاً

لأن قياس الناقلية الكهربائية يكون سطحياً وهذا يتطلب بقاء أكبر قدر ممكن من الطلاء الحاوي على جزيئات المادة الناقلة على سطح القماش ليتمكن الجهاز من قراءتها بشكل صحيح وبالتالي كلما كان التغلغل أقل ، كلما كانت الطبقة سطحية ذات ناقلية أعلى.

ويتم حساب نسبة التغلغل إذ تم حساب الانعكاسية لكل عينة على ثلاثة أوجه للقماش (الوجه الخلفي للقماش المطبوع (R)، الوجه المطلي للقماش (R_{min})، والوجه الأبيض غير المطلي (R_{max})، ومن ثم تم أخذ قيمة الانعكاسية لكل وجه من القماش وتطبيقه في العلاقة (3)، و يوضح الجدول (4) قيم نسبة التغلغل للعينات المعالجة،

الجدول (4) قيم نسبة التغلغل للعينات المعالجة

رقم العينة	عدد طبقات الطلاء	Rmin	Rmax	R	P%
1	2	0.001490	0.01019	0.00796	25.63%
2	3	0.000961	0.01019	0.00719	32.50%
3	4	0.000951	0.01019	0.0082	21.53%
4	5	0.000833	0.01019	0.00825	20.73%
5	6	0.00062	0.01019	0.00828	19%

يلاحظ من الجدول (4) أن العينات المعالجة بالطلاء الحاوي على أكسيد النحاس ازدادت نسبة التغلغل لها مع ازدياد عدد الطبقات المطلية ولكن إلى حد معين من عدد الطبقات، من ثم بدأت بالانخفاض ويمكن أن يعود ذلك إلى أنه أصبح هناك تشبع للقماش عند ثلاث طبقات وبعدها لم يمتص القماش الطلاء بل شكل تراكب للطبقات على السطح، وبالتالي أبقت المعالجة سطحية وكمية الطلاء الناقل على السطح أكبر وهذه النتيجة إيجابية للبحث لأن هدفه معالجة سطحية للقماش وبالتالي ازدياد كمية الطلاء الناقل على سطح أي كثافة للمادة الناقلة أعلى وهذا بدوره أدى إلى ناقلية أعلى على السطح.

4-2-2- قياس الناقلية الكهربائية باستخدام جهاز المسابر الأربعة للقماش المطلي:

تم قياس قيم المقاومة الكهربائية للعينات المعالجة باستخدام جهاز المسابر الموضح في الشكل (2) والذي تم شرح مبدأ عمله في الفقرة (3-2-6) ولكن وفقاً للعلاقات التالية (4,5): [17]

$$\rho = G * t * \frac{V}{I} \dots \dots \dots (4)$$

ρ : هي قيمة المقاومة النوعية وتقدر ب ($\Omega \cdot \text{cm}$)

G: قيمة ثابت تؤخذ من الجدول المرفق مع الجهاز وفقاً لطول وعرض العينة ومسافة القياس للمسابر.

V/I: قيمة المقاومة المتوسطة والتي تؤخذ من ميل المستقيم المتشكل من قيم الفولط الناتجة عن شدة التيار المدخلة وتقدر (Ω).

t: سماكة العينة تقدر (cm).

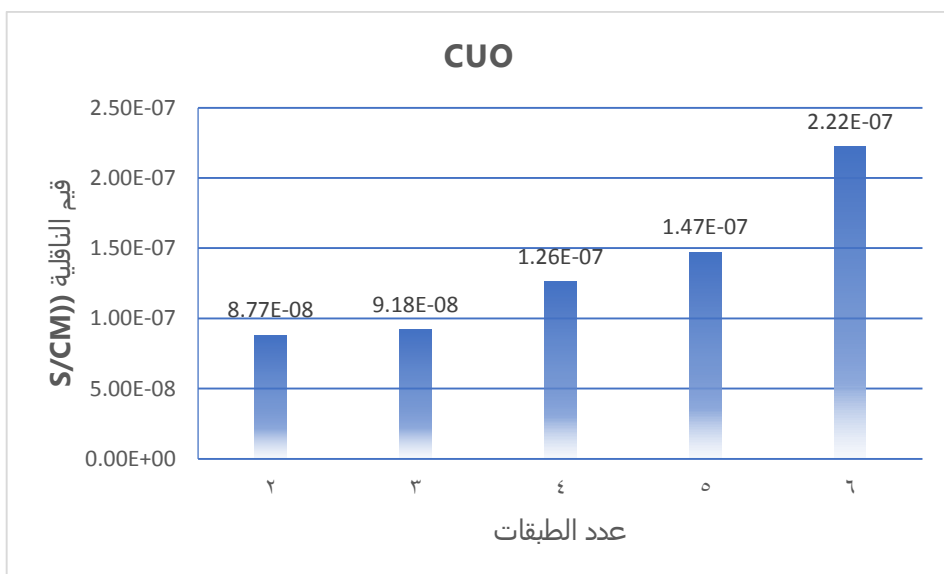
$$\sigma = 1/\rho \dots \dots \dots (5)$$

σ : قيمة الناقلية الكهربائية تقدر ب ($\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)

تم أخذ خمس قراءات للعينة بتيارات مختلفة ومن ثم أخذ قيمة متوسطة للمقاومة الناتجة عن قراءات الفولط المقاسة مع الأخذ بعين الاعتبار سماكة الطبقة والمسافة بين المسابر، يشار إلى النتائج الجدول (5) والمخطط الموضح في الشكل (10).

الجدول (5) نتائج قياس الناقلية الكهربائية للعينات

عدد الطبقات	المقاومة الكهربائية $R \times 10^{11}$ (Ω)	سماعة الطلاء ضمن العينة $t \times 10^{-2}$ (cm)	معامل التصحيح G	المقاومة النوعية $P \times 10^{+7}$ ($\Omega \cdot \text{cm}$)	الناقلية الكهربائية $\sigma \times 10^{-8}$ ($\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)
2	3.32	1.05	3.2721	1	8.77
3	2.35	1.416	3.2721	1	9.18
4	2	1.217	3.2721	0.8	12.6
5	1.62	1.3132	3.2721	0.7	14.7
6	1	1.3752	3.2721	0.4	22.2



الشكل (10) مخطط الناقلية الكهربائية للعينات المعالجة

يلاحظ من خلال نتائج في الجدول (5) أن العينات المعالجة بأكسيد النحاس أكسبت القماش خاصية الناقلية الكهربائية، وإن زيادة عدد طبقات الطلاء الحاوي على أكسيد النحاس خفض من قيمة المقاومة الكهربائية وبالتالي ازدادت قيمة الناقلية الكهربائية النوعية للعينات المعالجة وصولاً إلى قيمة $(22.2 \times 10^{-7} \text{ S/cm})$ وهذه النتيجة منطقية لأن نسبة التغلغل تنخفض مع ازدياد عدد الطبقات وذلك بعد ثلاث طبقات، وبالتالي زيادة كثافة المادة الناقلة على السطح القماش وهذا ما أدى إلى زيادة الناقلية الكهربائية للعينات المعالجة ووجب التنويه أن الناقلية المقاسة هي ناقلية سطحية.

4-2-3- دراسة الانتقالات الالكترونية (حساب المجال المحظور):

تم دراسة الانتقالات الالكترونية للعينات المعالجة من أجل حساب قيمة المجال المحظور لها إذ أن المجال المحظور يمثل المنطقة الفاصلة بين حزمتي التكافؤ والناقلة، وفيها يتواجد الالكترون أقل فترة زمنية ممكنة ثم ينتقل الالكترون من حزمة التكافؤ إلى حزمة الناقلة بعد امتصاصه الطاقة الحركية [2] ، ويتم ذلك بطريقتين (الانتقالات الالكترونية المباشرة الانتقالات الالكترونية غير المباشرة [2,23] . ويتم إجراء ذلك من خلال أخذ قيم الانعكاسية للعيينة عند مجال طيفي بين $(400-700 \text{ cm}^{-1})$ ، من ثم يتم حساب المجال المحظور في هذه الدراسة من أجل الانتقالات المباشرة المسموحة، عن طريق رسم علاقة بين تغيرات $((\alpha h\nu)^2 (\text{m. eV}^2))$ بدلالة $((h\nu)(\text{eV}))$ ، ويتم رسم الجزء الخطي للمنحنى فتكون نقطة تقاطع مع المحور $(h\nu)$ هي قيمة المجال المحظور للانتقالات الالكترونية الأساسية بين حزمة التكافؤ والناقلة (eV)، إذ أن h هو ثابت بلانك $(h=6.26 \times 10^{-34} \text{ J.sec})$ [2].

فبالنسبة لمعامل الامتصاص α كون العينات المدروسة معتمة وانعكاسيتها منخفضة فكان من الصعب حساب النفوذية لها حيث تم محاولة إجراء اختبار قياس النفوذية كانت النتيجة أن قيمة النفوذية صفر، ولكي نحسب معامل الامتصاص من خلال علاقة النفوذية، لذلك توجد علاقة ثانية تحسب من خلالها معامل الامتصاص كالتالي: [24]

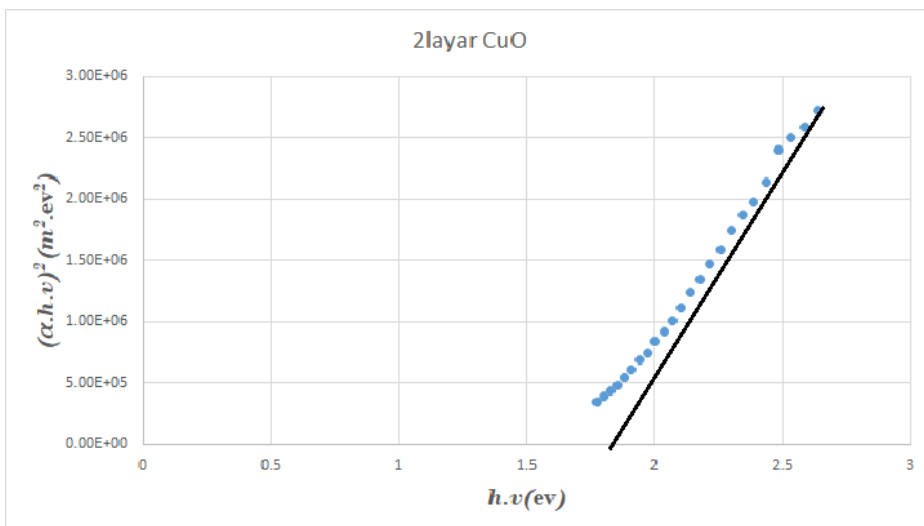
$$\alpha \approx F(R) = \frac{(1-R)^2}{2R} = \frac{K}{S} \dots \dots \dots (6)$$

حيث أن:

R: قيمة الانعكاسية للعينة في الوجه المطلي.

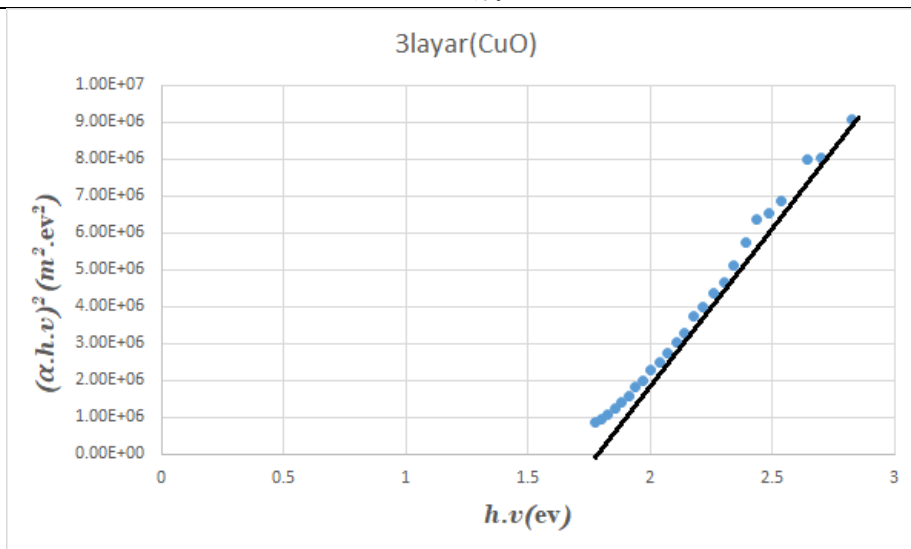
K/S: نسبة قوة اللون.

توضح الاشكال (11-a,11-b,11-c,11-d,11-e) مخططات الانتقالات الالكترونية للعينات المعالجة بأكسيد النحاس وكيفية حساب قيمة المجال محظور لكل عينة إذ تم رسم مخطط يوضح العلاقة بين تغيرات $((\alpha h\nu)^2 (m. eV^2))$ بدلالة $((h\nu)(eV))$ ، من ثم تم رسم الجزء الخطي للمنحني وذلك باستخدام برنامج origin، فتكون نقطة تقاطع مع المحور $(h\nu)$ هي قيمة المجال المحظور للانتقالات الالكترونية الأساسية بين حزمة التكافؤ والناقلية.

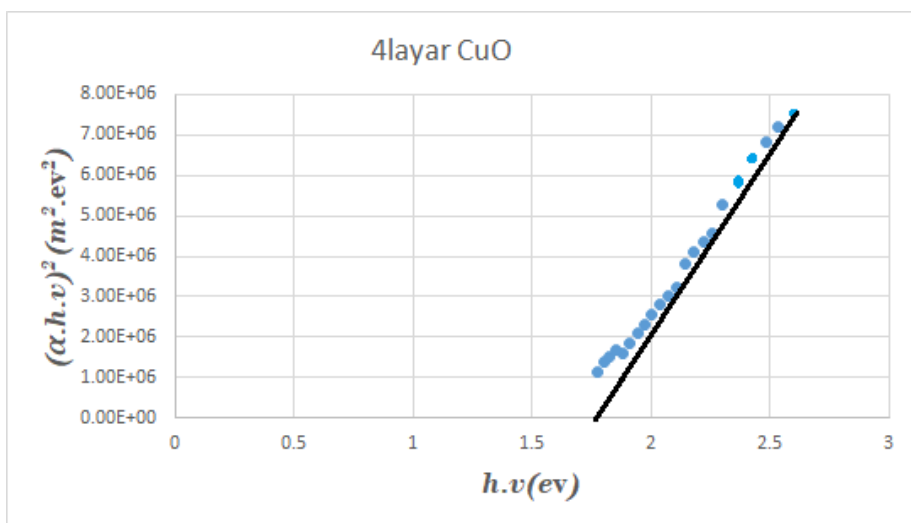


الشكل (11-a) المجال المحظور من أجل قماش مطلي بطبقتين

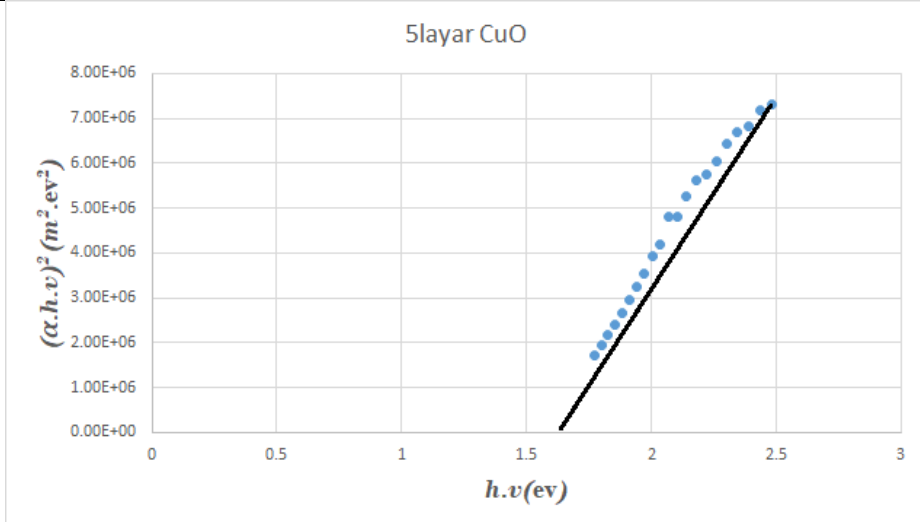
" تحضير أكسيد النحاس النانوي وتطبيقه باستخدام تقنية الطلاء بالسكين للحصول على قماش ناقل للكهرباء "



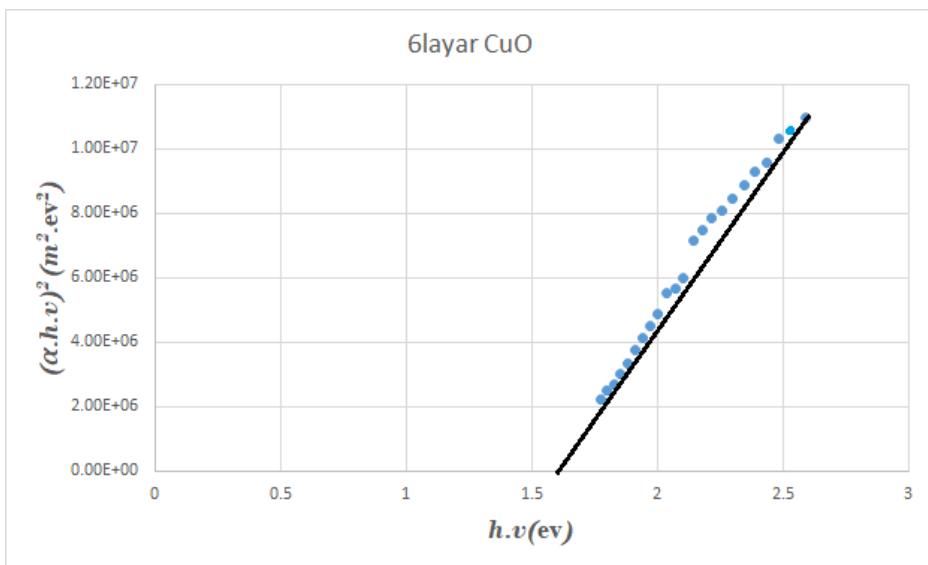
الشكل (11-b) المجال المحظور من أجل قماش مطلي بثلاث طبقات



الشكل (11-c) المجال المحظور من أجل قماش مطلي بأربع طبقات



الشكل (11-d) المجال المحظور من أجل قماش مطلي بخمس طبقات



الشكل (11-e) المجال المحظور من أجل قماش مطلي بست طبقات

ولوحظ من خلال المخططات الموضحة في الأشكال السابقة أن قيمة المجال المحظور للعينات تتراوح ما بين (1.6-1.87)، وهذه النتائج تطابق قيم المقاومة الكهربائية للعينات

" تحضير أكسيد النحاس النانوي وتطبيقه باستخدام تقنية الطلاء بالسكين للحصول على قماش ناقل للكهرباء "

على السطح حيث لوحظ مع زيادة عدد الطبقات انخفضت قيمة المقاومة الكهربائية وبالتالي ازدادت الناقلية الكهربائية، وهذا بدوره يؤدي إلى انخفاض قيمة المجال المحظور، وإن هدف الأساسي من هذا الاختبار إمكانية دراسة مجال حركة الإلكترونات لمعرفة هل من الممكن تطبيقها في صناعة الخلايا الشمسية، وبناء على النتائج الموضحة في الجدول تبين أن المجال المحظور صغير وبالتالي يمكن تطبيقها في إحدى طبقات الخلايا الشمسية كطبقة ناقلة وماصة للضوء.

الجدول (6) قيم المجال المحظور للعينات المعالجة

العيينة	طبقتين	ثلاث طبقات	أربع طبقات	خمس طبقات	ست طبقات
قيمة المجال المحظور (e.v)	1.87	1.8	1.77	1.65	1.6

4-2-4- حساب نسبة تحميل الطلاء على القماش:

يتم في هذا الاختبار حساب نسبة التحميل الجاف للطلاء على القماش ويكون ذلك من خلال وزن العينة قبل تطبيق الطلاء وبعده بمساحة محددة، ومن ثم تطبيق العلاقة (7)

$$\text{نسبة التحميل الجاف} = \frac{\text{وزن العينة قبل التحميل} - \text{وزن العينة بعد التحميل}}{\text{وزن العينة قبل التحميل}} \times 100 \dots\dots\dots (7)$$

يوضح الجدول (7) نتائج حساب نسبة التحميل الجاف للطلاء على العينات (القطن والممزوج)

الجدول (7) نتائج حساب نسبة تحميل الجاف للطلاء على العينات المعالجة

العينة	وزن العينة بعد التحميل (g)	وزن العينة قبل التحميل (g)	نسبة التحميل %
طبقتين	0.303	0.251	20.7%
ثلاث طبقات	0.31	0.251	23.50%
أربع طبقات	0.323	0.251	28.68%
خمس طبقات	0.332	0.251	32.27%
ست طبقات	0.343	0.251	36.65%

لوحظ من خلال النتائج المبينة في الجدول (7) أن مع زيادة عدد الطبقات زادت نسبة تحميل الطلاء على السطح وهذا الشيء منطقي بسبب ازدياد كمية الطلاء المطبقة وبالتالي ازداد وزن العينة بعد التحميل.

4-2-5- اختبار قوة التمزق:

تم إجراء اختبار قوة التمزق للعينات لقياس متانة القماش بعد المعالجة من أجل دراسة مدى تأثير المعالجة المطبقة على متانة التمزق للعينات، يبين الجدول (8) نتائج اختبار قوة التمزق للعينات المعالجة ومقارنتها مع العينة المرجعية غير المعالجة، إذ تم إجراء ثلاث قراءات لكل عينة على جهاز قوة التمزق وحساب المتوسط لقوة التمزق.

الجدول (8) نتائج اختبار قوة التمزق

العيينة	Nمتوسط قوة التمزق	قيمة الانحراف المعياري
المرجعية (غير معالجة)	10.01	0.25
طبقتين أكسيد النحاس	12.79	0.37
3 طبقات أكسيد النحاس	11.22	0.43
4 طبقات أكسيد النحاس	10.7	0.45
5 طبقات أكسيد النحاس	10.5	0.6
6 طبقات أكسيد النحاس	10.19	0.25

لوحظ من خلال نتائج الجدول (8) أن عملية المعالجة المطبقة مع زيادة طبقات الطلاء زادت من قوة تمزق العينة المعالجة مقارنة مع العينة المرجعية إلى حد معين من الطبقات ثم سلكت سلوكاً عكسياً إذ بدأت بالانخفاض لقوة لتمزق عند (3,4,5,6) طبقات ولكن لم تنخفض إلى قيمة قوة التمزق في العينة المرجعية، فقد أثرت تأثير طفيف وصل إلى قيمة (10.19 N) مقارنة مع العينة المرجعية التي كانت قيمة قوة التمزق لها (10.01 N)، ويمكن أن يعزى ذلك أنه نتيجة المعالجة السطحية للعينات وقلة تغلغلها ضمن البنية لم يؤثر الأكسيد على متانة القماش مع ازدياد عدد الطبقات، وهذا بدوره يوضح أن هذه المعالجة لم تؤثر سلباً على قوة تمزق القماش.

4-2-6- اختبار الصلابة:

يقوم مبدأ هذا الاختبار على قدرة القماش على تشكيل دعامة كابول (دعامة مثبتة من طرف واحد) قبل أن ينحني تحت تأثير وزنه، أُجري الاختبار وفق المواصفة القياسية الأمريكية (ASTM D1388-2002)، إذ تم إجراءه من أجل دراسة مدى تأثير المعالجة على صلابة ومقاومة الانحناء لعينة القماش، إذ بناءً على الخطوات الآتية [2] :

- 1- يتم تحضير عينات بأبعاد (2.5cm×20cm) حيث تم قص ثلاث عينات من كل عينة معالجة لإجراء ثلاث قراءات لكل عينة.

2- توضع كل عينة على مستوي أفقي بحيث يتطابق حرف عينة الاختبار مع حافة المستوي الأفقي، ثم توضع مسطرة مدرجة فوق عينة الاختبار كما في الشكل (12)، يتم دفع المسطرة للأمام وتتدفع معها العينة، ويتم الاستمرار بالدفع حتى يلتقي حرف العينة مع الخط المائل بزاوية (41.5°) ثم تسجل قراءة المسطرة بعد فترة زمنية تتراوح بين (6) إلى (8) ثواني، ويعد قراءة المسطرة هي طول النثي للعينة.

3- تحسب صلابة القماش بتطبيق العلاقة الآتية [25]:

$$G = K * C^3 * W \dots\dots (8)$$

G: صلابة القماش (g.m).

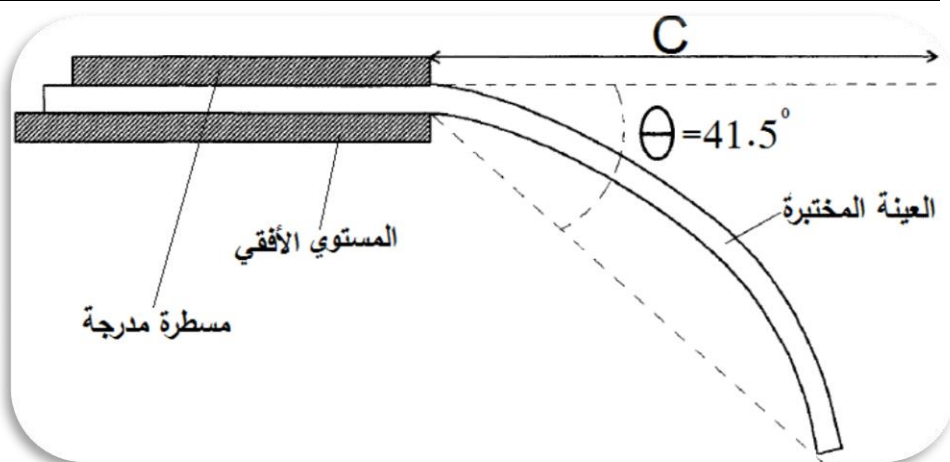
C: طول النثي (m)

W: وزن المتر المربع (g/m^2).

K: ثابت، حيث أنه يحسب من العلاقة:

$$K = \frac{\cos^{\frac{1}{2}}\theta}{8 \tan \theta} \dots\dots (9)$$

θ : زاوية الانحناء.



الشكل (12) اختبار الصلابة

يبين الجدول نتائج اختبار الصلابة للعينات المعالجة ومقارنتها مع العينة المرجعية (غير المعالجة).

الجدول (9) نتائج اختبار الصلابة

العينة	متوسط طول الثنائي (m)	K	وزن المتر المربع	معامل الصلابة G(g.m)
المرجعية	0.03	0.1328	251	0.0009
طبقتين	0.075	0.1328	303	0.0170
ثلاث طبقات	0.08	0.1328	310	0.0211
أربع طبقات	0.097	0.1328	323	0.0391
خمس طبقات	0.112	0.1328	332	0.0619
ست طبقات	0.135	0.1328	343	0.1121

لوحظ من الجدول (9) أن مع ازدياد عدد الطبقات ازدادت صلابة العينات المعالجة وذلك مع زيادة وزن المتر المربع للعينات مع زيادة الطبقات، وهذا بدوره يؤثر على قيمة معامل الصلابة لأنه يتأثر بقيمة وزن المتر المربع للعينة وبالتالي يمكن القول هذه المعالجة قد أثرت على قيمة معامل الصلابة للقماش مقارنة مع العينة المرجعية (غير المعالجة).

6- الاستنتاجات:

- ✓ تم تحضير جزيئات أكسيد النحاس النانوية (CuO) بتقنية السول-جل.
- ✓ حيث أظهرت نتائج مطيافية الأشعة تحت الحمراء (FTIR) وجود قمم مميزة للرابطة Cu-O في المجال بين ($680-590\text{cm}^{-1}$) ، بالإضافة إلى قمة عريضة لمجموعة الهيدروكسيل OH عند عدد موجي (3455cm^{-1}) وهذا يدل على أن عدد المجموعات الوظيفية متوسط في البودرة المحضرة أي أنه لم يتم تجفيف العينة بشكل جيد.
- ✓ تبين أيضاً من خلال اختبار EDX أن نسبة النحاس والأوكسجين متوافقة للدراسات المرجعية، وتبين صور المجهر الالكتروني الماسح أن حجم جزيئات الاكسيد المحضر بطريقة سول جل هي نانوية فكان متوسط الأقطار (31.6nm).
- ✓ إن الناقلية الكهربائية للبودرة المحضرة ($1.35 \times 10^{-7} \text{ Sm/cm}$) .
- ✓ أكدت نتائج XRD أن القمم التي ظهرت تطابق رقم البطاقة المرجعية (2-1040) وبالتالي أن بنية أكسيد النحاس المحضر هو CuO .
- ✓ تم تطبيق طلاء ناقل يحوي على أكسيد النحاس على قماش ممزوج (قطن 65% ،بوليستر 35%) وذلك بعدة طبقات من الطلاء لدراسة تأثيره على بعض خصائص الأقمشة المعالجة.
- ✓ تبين من خلال توصيف العينات القماش أن أكسيد النحاس أكسب القماش خاصية الناقلية الكهربائية وذلك مع زيادة عدد الطبقات وصولاً إلى ناقلية ($2.22 \times 10^{-7} \text{ S/cm}$) وعند دراسة الانتقالات الالكترونية لعينات القماش تبين أن قيم المجال المحظور تتناقص مع زيادة الناقلية للعينات المعالجة وصولاً إلى قيمة مجال محظور لعينة ذات الست طبقات من الطلاء (1.6e.v) ، قد أجري هذا الاختبار لمعرفة قيمة مجال المحظور لحركة الالكترونات للتأكد من إمكانية تطبيق العينات المعالجة في إحدى طبقات الخلية الشمسية، بما أن العينات كانت انعكاسيتها قليلة ونفوذيتها شبه معدومة لم نتمكن من قراءتها وبالتالي امتصاصيتها للضوء عالية

وناقلة للكهرباء أيضاً فبتالي أحد تطبيقات المرشحة لهذه العينات المعالجة هي تطبيقات الخلايا الشمسية.

- ✓ بالإضافة إلى أنه عند محاولة قياس النفوذية للعينات المعالجة كانت ضمن المجال الأشعة فوق البنفسجية، وبالتالي كون النفوذية معدومة وانعكاسيتها قليلة كانت امتصاصها للأشعة كبير، يمكن أن يكون التطبيق الآخر المحتمل من العينات المعالجة الناتجة هو قماش مقاوم للأشعة فوق البنفسجية.
- ✓ تم حساب نسبة تحميل الجاف الطلاء على القماش وتبينت أن النسبة ازدادت مع ازدياد عدد الطبقات وكانت النسبة التحميل لعينة الست طبقات هي (36.6%).
- ✓ عند دراسة تأثير المعالجة على خصائص القماش كقوة التمزق والصلابة تبين أن المعالجة لم تؤثر تأثيراً سلبياً على قوة التمزق للقماش مقارنة مع قوة التمزق للعينة المرجعية غير المعالجة ويعود ذلك لأن المعالجة سطحية لم يكن هناك تغلغل عميق ضمن بنية القماش لذلك لم تؤثر في خصائصه، وبالنسبة للصلابة ازدادت قيمة معامل الصلابة ولكن ذلك كان بسبب زيادة نسبة تحميل الطلاء وبالتالي زيادة وزن المتر المربع للعينات المعالجة وذلك لأن قيمة معامل الصلابة يتعلق بقيمة الوزن المتر المربع للعينات.

7-المقترحات:

هناك تطلع في المستقبل إلى إجراء دراسات جديدة تشمل تغيير في مكونات الطلاء لزيادة كفاءته بإضافة بوليمرات ناقلة كمزيج مدمجة مع أكسيد النحاس بهدف زيادة الناقلية الكهربائية أو تشكيل حلالة من أكسيد النحاس بطريقة السول جل وتطبيقها على القماش باستخدام تقنية الطلاء بالسكين لدراسة مدى تأثيرها على القماش، وأيضاً إجراء اختبارات توصيفية أخرى للعينات (مثل صور مجهر المسح الإلكتروني مجهر القوة الذرية لتوضيح كيفية توزيع الطلاء على السطح، تقادم الناقلية الكهربائية، اختبار التدريع المغناطيسي (لتوظيف القماش الناقل).

- 1 Tao, X. (Ed.). (2001). **Smart fibers, fabrics and clothing: fundamentals and applications**. Elsevier
- 2 Salamon, R. (2021) **The Development of Types of Textile to be used in The Production of Solar Cells**. A Thesis Submitted for The Ph.D. in Spinning and Textile Engineering (Textile Engineering and Its Treatment). Faculty of Chemical and Petroleum Engineering, Homs University.(in Arabic)
- 3 Sharouf.H, (2021) **Acomparative of the properties of cotton fabric treated with zinc oxide and nano-zinc oxide prepared bt sol-gel technology**, Publications of the Journal of the University of Homs.(in Arabic)
- 4 Sen, A. K. (2007).**Coated textiles: principles and applications**. By techonomic publishing company. Inc. pag10-224.
- 5 Fung, W.(2002) **Coated and laminated textiles**. Woodhead Publishin. 2002. (Vol. 23).
- 6 Sharouf. H (2022). **Studying the Use of Nanofinishing to Give Fabrics Electrical Conductivity and Anti-UV Properties**. A Thesis Submitted for The Ph.D. in Spinning and Textile Engineering (Textile Engineering and Its Treatment). Faculty of Chemical and Petroleum Engineering, Homs University.(in Arabic)
- 7 Sharouf. H. (2021). **Study of the formation of nano copper oxide and its use in treating cotton fabrics**. Publications of the Journal of the University of Homs.(in Arabic)
- 8 Tibério, M., Calmeiro, T., Nandy, S., Nunes, D., Martins, R., Fortunato, E., & Deuermeier, J. (2020). **Orientation dependence of electrical properties of polycrystalline**

	<u>Cu₂O thin films.</u> Semiconductor Science and Technology, 35(7), 075016.
9	Aslam, M., Kalyar, M. A., & Raza, Z. A. (2021). <u>Fabrication of nano-CuO-loaded PVA composite films with enhanced optomechanical properties.</u> Polymer Bulletin, 78(3), 1551-1571
10	Zoolfakar, A. S., Rani, R. A., Morfa, A. J., O'Mullane, A. P., & Kalantar-Zadeh, K. (2014). <u>Nanostructured copper oxide semiconductors:</u> a perspective on materials, synthesis methods and applications. journal of materials chemistry c, 2(27), 5247-5270.
11	Nguyen, T. H., Nguyen, T. L., Ung, T. D. T., & Nguyen, Q. L. (2013). <u>Synthesis and characterization of nano-CuO and CuO/TiO₂ photocatalysts.</u> Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology, 4(2), 025002
12	Sahito, I. A., Khatri, A., Ahmed, S., Rasheed, A., Afzal, A., & Ahmad, f., (2017), <u>Smart and electronic textiles In Advanced textile testing Techniques.</u> (PP295-314) CRC press.
13	Palamutcu, S., Ahmet, Ö. Z. E. K., Karpuz, C., & Nermin, D. A. Ğ. (2010). <u>Electrically conductive textile surfaces and their electromagnetic shielding efficiency measurement.</u> Textile and Apparel, 20(3), 199-207.
14	AlAtrash. N, Tuhmaz. Gh, Saffour. Z, (2025)- <u>Coating Technology Treatment to Obtain a Technical Electrically Conductive Fabric.</u> Homs university journal publication.vol 47(1)2025.(in Arabic)
15	AL ALI.W,Saffour.z,(2021)- <u>Application Of Fabric Finishings Using Microcapsules,</u> A thesis Submitted

	For The Degree Master of spinning and textile engineering, Homs University(in Arabic)
16	Sreedhar, H., Varma, V. K., Nguyen, P. L., Davidson, B., Akkina, S., Guzman, G., ... & Walsh, M. J. (2015). <u>High-definition Fourier transform infrared (FT-IR) spectroscopic imaging of human tissue sections towards improving pathology.</u> Journal of visualized experiments: JoVE, (95), 52332.
17	Neama.M., (2016), <u>preparation of polypyrrole sensor by ultrasonic spraying.</u> A Thesis Submitted for The master in physics (polymer science and technology). Higher institute of applied sciences and technology. (in Arabic)
18	Al ali.w,Saffour.z,saloum.s,(2025) <u>Application of clod plasma technology in fabric finishing,</u> Atheis submitted for Dr.degree of spinining and textile engineering, Homs University.(in Arabic)
19	Saffour.z, (2017) <u>printing technology. Theoretical part.</u> Homs University publication. .(in Arabic)
20	Bernasconi,R., Mangogna, A., & Magagnin,L.(2018). <u>Low cost inkjet fabrication of glucose electrochemical sensors based on copper oxid.</u> Journal of the Electrochemical Society.165(8) B3178.
21	ASTMD5587-15,(2019) <u>Standrad Test Method for Tearing Strendgth of Fabrics by Trapezoid Procedure.</u> https://webstore.ansi.org/standards/astm5587152019
22	Nandiyanto,A.B.D.,oktiani,R.,&Raghadhita,R. <u>How to read and interpret FTIR spectroscope of organic material,</u> Indonesian journal if science and technology. 2019 .4(1),97-118.

23	Kanjarawi., K, Sulieman.,A (2014), <u>Studding Of The Optical Characteristics Of Sno2 Thin Films, And Calculating The Energy Gap For The Electronic Transfers</u> , Tishreen University Journal For Research And Scientific Studies - Engineering Sciences Series .2014. Vol. (36) No. (5) 4102.
24	Kortum,G.(1996) <u>Experimental Testing of the"Kubelka-Munk" theory.In Refelactance Spectroscopy</u> . springer,Berlin Heidelberg, 1969. (pp.170-216).
25	B P Saville,(1999) <u>Physical Testing Of Textiles: Chapter10: Objective Evaluation Of Fabric Handle</u> , Woodhead Publishing Limited,1999.pag[8-5]

دراسة تأثير تغيير نمرة وكثافة خيوط الحدف على خواص المتانة والتشريب للقماش المنتج والتنبؤ بقيم هذه الخواص

الطالب: محمد أسامة المعراوي كلية الهندسة الكيميائية والبترولية/ جامعة حمص

إشراف: أ.د. محي الدين حمود*

الملخص

تم من خلال البحث الحالي دراسة تأثير تغيير معاملات بناء القماش القطني السادة (كثافة و نمرة خيط الحدف) على قوة شد القماش وتشريبه باتجاهي السداء والحدف، ومن ثم تقييم تأثيرها من خلال تطوير نماذج انحدار خطي متعدد باستخدام النمذجة الإحصائية للتنبؤ بخواص للقماش المنسوج. تبين من النتائج أن لعامل النمرة تأثير هام على خاصية المتانة و إن كثافة خيوط الحدف لها تأثير هام وإيجابي على قيمة قوة القطع، لعامل الكثافة أثر هام جداً على خاصية التشريب حيث زيادة الكثافة باتجاه الحدف يؤدي الى زيادة نسبة التشريب على نفس الجهة، أما باتجاه السداء فقلت نسبة التشريب ، إن التحقق من موثوقية النماذج الرياضية يقودنا إلى نتائج مقاربة بين القيم الحقيقية والقيم المتنبأ بها بدرجة موثوقية عالية مما يسمح لنا باعتماد النموذج الرياضي في توصيف المتانة والتشريب للقماش المنسوج في المنشآت النسيجية انطلاقاً من البارامترات المستخدمة

الكلمات المفتاحية: القماش المنسوج، قوة الشد، نمرة الحدف، كثافة الحدف، التشريب

*أستاذ في قسم هندسة الغزل والنسيج/ كلية الهندسة الكيميائية والبترولية/جامعة حمص

Study the Effects of Changing the weft yarns count and its density on the tensile strength and crimp properties of the produced fabric and predicting them

ABSTRACT

In this research, the effect of changing the structure parameters of plain cotton fabric (density and count of the weft yarns) on the fabric's tensile strength and crimp in both direction (warp and weft) have been studied, and then their effects have been evaluated by developing multiple linear regression models using statistical modeling to predict the properties of the woven fabric. The results showed that the yarn count has a significant effect on fabric durability, and the weft yarn density has an important and positive effect on the value of the yarn tensile strength. The weft yarn density has a significant effect on the crimp, as increasing the density in the weft direction leads to an increase in the crimp percentage, while towards the warp, the crimp percentage decreases. Verifying the reliability of mathematical models leads us to close results between the real values and the predicted values, which allows us to adopt the mathematical model in characterizing the durability and crimp of woven fabric in textile facilities based on the parameters used..

Keywords: woven fabrics- tensile strength – weft count – weft density – crimp.

1-1 التعريف بالقماش المنسوج :

النسيج :هو بنية تتكون من خيوط او الياف وقد تكون الخيوط مكونة من الياف طبيعية او الياف اصطناعية او مزيج منهما ، وتصنع الخيوط بغزل الياف الصوف الخام او الكتان او القطن او الحرير وهي من الاليف الطبيعية او غيرها من المواد المركبة صناعياً وتسمى بالألياف الاصطناعية مثل النايلون والأكريليك يصنع النسيج المصمم على الأنوال بنظام تعاشق مجموعتان من الخيوط المغزولة (خيوط السداء وخيوط الحذف)، يعتمد الأداء الوظيفي للقماش المنسوج على ما يتوفر فيها من بعض الخواص الطبيعية والميكانيكية التي تلائم هذا الأداء ، وتتغير هذه الخواص طبقاً لتغير عناصر التركيب البنائي للأقمشة وتختلف وتتغير أنواع الأقمشة تبعاً لاختلاف الخامات النسيجية ونمر الحدفات المستخدمة وأسلوب التعاشق المستخدم (التركيب النسيجي)

على مدى القرن الماضي تم إجراء عدد من المحاولات لتطوير نماذج مختلفة لتحليل التنبؤ بخصائص الشد للأقمشة المنسوجة ، حيث طور Pierce نموذجاً هندسياً في عام 1937 للتركيب النسيجي السادة والتي تم تحسينها من قبل Love والذي وصف العلاقات الرسومية في هندسة القماش للنسيج السادة 1/1 والمبرد والساتان، وفي عام 1959 استخدم Loylor نموذجاً ميكانيكياً يعتمد على نموذج Pierce لفحص قوة القطع للقماش المنسوج، وهناك العديد من الفرضيات المماثلة التي كانت فيها دقة التنبؤ محدودة أيضاً {3}

سيتم في البحث الحالي العمل على تطوير نماذج إحصائية تعتمد على بيانات تجريبية بناءً على نطاق أوسع من مواصفات القماش المنسوج وتقبل التطبيق لتركيب نسيجية مختلفة (سادة، مبرد، اطلس، ساتان)

1-2 قوة الشد للقماش المنسوج:

يمكن التعبير عن قوة الشد للقماش من خلال قوة القطع والتي تعرف على أنها الحمل الأقصى الذي سيتحمله القماش حتى ينقطع عند تعرضه لحمل أحادي الطور وتعتبر قوة الشد للقماش المنسوج من أهم الخصائص التي تجعله يتفوق في العديد من التطبيقات بالمقارنة مع القماش غير المنسوج أو الأقمشة المحاكاة {3}. لا تعتمد قوة الشد للقماش المنسوج على قوة الخيوط المكونة لها فقط و وإنما أيضا على العديد من العوامل الأخرى مثل (نمرة خيوط السداء والحدف، عدد برمات الخيوط، معامل الاحتكاك بين الخيوط، كثافة خيوط السداء والحدف، نوع التركيب النسيجي المستخدم او نمط التشابك، ظروف النسيج) {3}

3-1 التشريب للأقمشة المنسوجة:

عند تلاحم الخيوط الطولية والعرضية خلال عملية بناء القماش تأخذ الخيوط مسارات مختلفة تتعلق بالتركيب النسيجي للقماش مما يتسبب بانحناءات واجهادات وينتج عنها التشريب ويختلف باختلاف المواصفات الفنية للقماش المعد للإنتاج، تؤثر نسبة التشريب في عملية تصنيع القماش في كلا الاتجاهين السداء والحدف على كمية الخيوط والغزول المستخدمة لإنتاج القماش ضمن مواصفات محددة لذلك فإن الخطأ بنسبة التشريب ينعكس من الناحية الاقتصادية على قيمة المنتج بسبب الاختلاف بين الطول الفعلي للقماش المنسوج مع كميات الخيوط المخطط استخدامها لإنتاج القماش المطلوب: {1}

$$\mu = \frac{ao - a}{ao} \times 100\%$$

μ :نسبة التشريب (%)

ao : طول الخيط خارج بحر المنسوج (سم)

a : طول الخيط داخل بحر المنسوج (سم)

2-أهمية البحث:

- 1- لدراسة تأثير عناصر بناء القماش المنسوج على خواصه أهمية في تحديد العوامل التشغيلية الأمثل خلال المراحل الإنتاجية المختلفة
- 2- تحسين جودة القماش المنتج بتحسين خواص المتانة والتشريب حسب مواصفات الصنف المطلوب.
- 3- يسمح التنبؤ المسبق بقيم الخواص بتعديل قيم معاملات الدخل بحيث يتم الحصول على المجال المطلوب لقيم خواص المتانة والتشريب المسوح بها

3-الهدف من البحث:

- 1- دراسة تأثير نمرة خيوط الحدف على خواص المتانة والتشريب للقماش المنسوج
- 2- دراسة تأثير كثافة خيوط الحدف على خواص المتانة والتشريب للقماش المنسوج
- 3- اعداد نموذج رياضي قادر على التنبؤ بخواص المتانة والتشريب للقماش المنسوج انطلاقا من البارامترات التشغيلية المدخلة

4-مواد وطرق البحث:

- نوع الخامة النسيجية: خيوط قطنية تم تنشيتها، مصدرها معمل غزل جبلة ومواصفات الخيوط موضحة بالجدول (1):

- الجدول (1): مواصفات الخيط المستخدم في عملية النسيج

المواصفة	الخيط		
	1	2	3
النمرة Ne	10	12	16
عدد البرمات /متر	470	560	640
قوة القطع /غ	750	620	450
الطول القاطع /كم	13	12.6	12.2
الاستطالة %	6.8	7.2	7.4
الانتظامية %	11.3	11.1	10.8

5-عينات الإقمشة:

تم انتاج العينات ضمن صالة نسيج شركة الدبس على نول لا مكوكي موديل
سولزر PU 110 بألية ادخال خيط للحدف (مقذوف معدني) شكل (1)، ذو
المواصفات الفنية المبينة في الجدول (2).

يبين الجدول (3) المواصفات الفنية للقماش المنتج على النول والتي سوف يتم
اجراء تعديل البارامترات عليها.



الشكل (1): نول سولزر مقذوف معدني PU110

جدول(2): المواصفات الفنية للنول المستخدم

الموديل	سولزر SULZER PU110
سرعة النول	320 حدفة /دقيقة
عرض النول	220سم
الية تشكيل النفس	كامات
عدد الدرات	10 دراة
مغذي خيط الحدف	4 مغذيات لخيط الحدف
أجهزة السحب والرخو	ميكانيكية

الجدول (3) المواصفة الفنية للقماش الناتج

نوع الحياكة	سادة 1/1
عرض القماش المنتج(بالسم)	185
نمرة خيوط السداء (إنكليزي)	16
كثافة خيوط السداء(خيط/سم)	20
نسبة وزنها الخامي %	52%
نمرة خيوط الحدف (إنكليزي)	16
كثافة خيوط الحدف (خيط / سم)	16
نسبة وزنها الخامي %	48%
عدد الحدفات في 10 سم من القماش	160
نمرة المشط	2*9.5
عرض مشط السداء (سم)	197

تم انتاج عينات مختلفة الكثافة والنمرة لخيط الحدف (نمرة 16 كبارامتر أولي تم التعديل عليه) بشكل تبادلي مع تثبيت النمر والكثافات لخيوط السداء والتركيب النسيجي كما هو موضح بالجدول (4).

الجدول(4): بارامترات العينات القماشية المنتجة على النول

رقم العينة	التركيب النسيجي	كثافة (خيط/سم)		نمرة خيط (Ne)	
		السداء	الحدف	السداء	الحدف
1	سادة 1/1	20	12	16	12
2	سادة 1/1	20	14	16	12
3	سادة 1/1	20	16	16	12
4	سادة 1/1	20	12	16	16
5	سادة 1/1	20	14	16	16
6	سادة 1/1	20	16	16	16

6-الاختبارات:

تم اختبار العينات المنتجة على جهاز اختبار الشد للأقمشة المنسوجة نوع-M350 10KN الموضح بالشكل (2) وفقا للمواصفة القياسية السورية -ISO 13943:1999.

تم اخذ عينات مختلفة من بحر المنسوج من كل منتج باتجاهي السداء والحدف على بعد لا يقل عن 20 سم للأطراف بعد استبعاد الحواشي وإزالة نفس عدد الخيوط تقريبا من اطراف العينة بالاتجاهين للحصول على العرض المطلوب نفسه لجميع العينات وكانت ابعاد العينات 20 سم طولا و 5 سم عرضا كما هو موضح

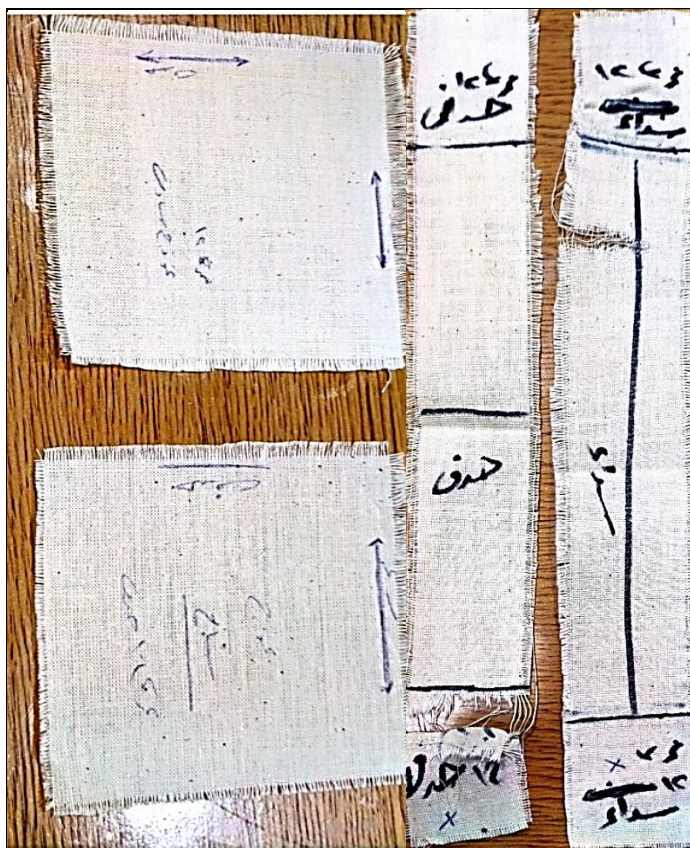
بالشكل (2) وثبتت العينات بين فكي الجهاز وكرر الاختبار 5 مرات لكل عينة
واخذ المتوسط الحسابي ل قوة الشد باتجاهي السداء والحدف



الشكل (2):جهاز اختبار قوة القطع M350-10KN

- جرى الاختبار الثاني على نفس الاقمشة المنتجة لحساب التشريب واخذت 5 عينات من كل تجربة على النول على بعد 20 سم من الأطراف بعد استبعاد الحواشي وإزالة نفس عدد الخيوط تقريبا من اطراف العينة بالاتجاهين للحصول على العرض المطلوب نفسه لجميع العينات وكانت أبعاد العينة 10 سم طولاً وعرضاً وتم حساب نسبة التشريب المئوية بعد اخذ المتوسط الحسابي لمجموع الاختبارات باتجاهي السداء والحدف كما هو موضح بالشكل(3)

دراسة تأثير تغيير نمرة وكثافة خيوط الحدف على خواص المتانة والتشريب للقماش المنتج والتنبؤ
بقيم هذه الخواص



الشكل (3): نماذج من عينات اختبار الشد وعينات حساب النسبة المئوية
للتشريب

7- النتائج والمناقشة :

يوضح الجدول (5) المتوسط الحسابي لقوة القطع ومقدار تشريب القماش
لمختلف العينات المنتجة حسب حالات الضبط المعتمدة:

الجدول (5) المتوسط الحسابي لقيم قوة القطع والنسبة المئوية للتشريب

الخصائص المدروسة				عينة القماش	
مقدار تشريب القماش (%)		قوة الشد (N)		كثافة خيط الحدف	نمرة خيوط حدف (Ne)
باتجاه الحدف	باتجاه السداء	باتجاه الحدف	باتجاه السداء	خيط/سم	
6.56	4.8	416.64	361.5	12	12
7.2	4.64	494.64	382.9	14	\cong 49.25
7.64	4.22	565.44	406.4	16	(Tex)
4.21	3.91	292	310	12	16
4.42	3.76	322.6	347.7	14	\cong 36.9
4.76	3.4	351.9	377.6	16	(Tex)

8-النتائج:

سيتم دراسة المعاملات كل معامل على حدا ثم إيجاد العلاقات الرياضية الحاكمة لقيم الدخل والخرج الخاصة بالعملية الإنتاجية بشكل كامل باستخدام برنامج التحليل الاحصائي (STATGRAPHICS)، جدول (6):

الجدول (6): مصفوفة التبادلية لقيم قوة القطع والتشريب حسب الكثافة والنمر

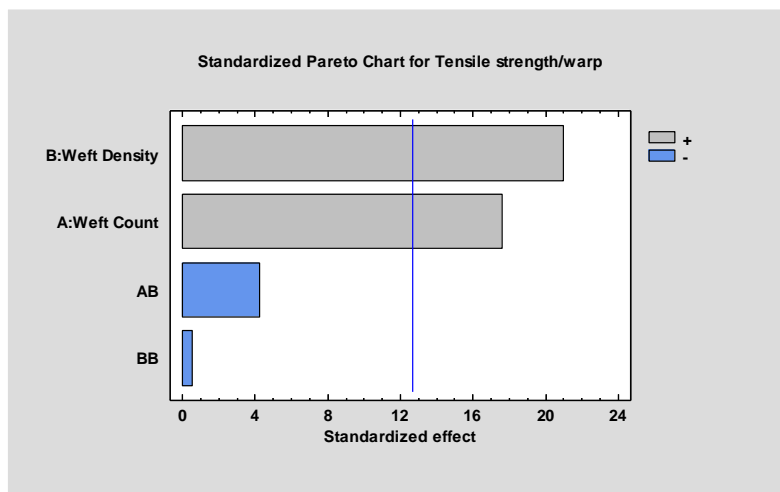
لخيوط الحدف بالاتجاهين

نمرة خيوط حدف	العوامل المدروسة		قوة الشد Tensile strength		مقدار التشريب Crimp	
	نمرة خيوط حدف	كثافة خيط الحدف	باتجاه السداء	باتجاه الحدف	باتجاه السداء	باتجاه الحدف
	Weft Count () A	Weft Density)B (warp directio n	weft directio n	warp directio n	weft directio n
	[tex]	[picks per cm]	[N]	[N]	[%]	[%]
1	36.9	12	310	292	3.91	4.21
2	49.2	12	361.5	416.64	4.8	6.56
3	36.9	14	347.4	322.6	3.76	4.42
4	49.2	14	382.9	494.64	4.64	7.2
5	36.9	16	377.6	351.9	3.4	4.76
6	49.2	16	406.4	565.44	4.22	7.64

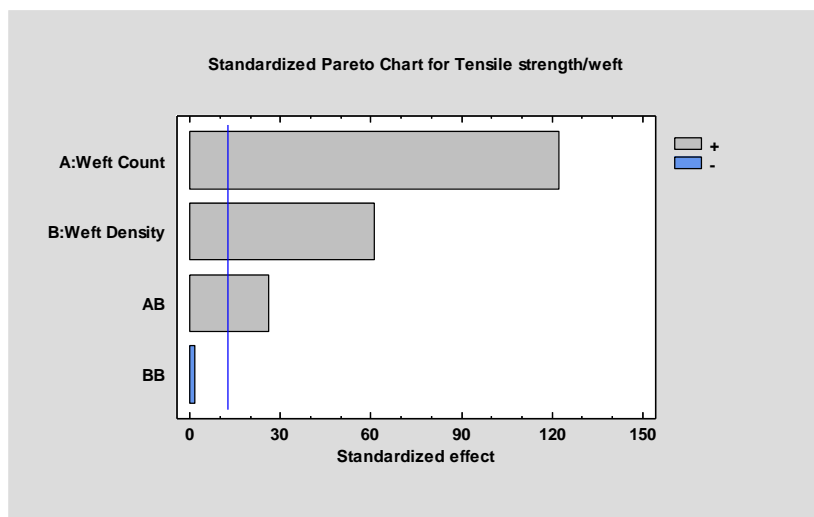
لوحظ عند تحليل قيم قوة القطع اختلاف القيم بشكل واضح عند تغيير الكثافات والنمر لخيوط الحدف وبدراسة هذه المتغيرات تم الحصول على مخطط باريتو (يستخدم مخطط باريتو للتجارب القائمة على مستويين ويتم تحديد تأثير العوامل والتأثير المتبادل فيما بينها بالفرق بين متوسط الاستجابات على المستوى الأدنى والمستوى الأعلى لكل العوامل المدروسة ويتم ترتيب العوامل حسب

تأثيرها المتبادل حسب الأهمية بترتيب تنازلي إيجابا او سلبا (باتجاه السداء والحدف كما في الشكل (4)(5)،

حيث كان لتغيير كثافة الحدف التأثير الأكبر على قيمة قوة القطع باتجاه السداء كعامل مستقل بشكل إيجابي وكان التأثير التالي هو نمرة خيط الحدف باعتبارها عاملا مستقلا إيجابا وجاء ثالثا التأثير المتداخل للمعاملين (نمرة وكثافة خيط الحدف) الأكبر من حيث المقدار وعكسيا من حيث التأثير وجاء بعد ذلك التأثير العكسي الأقل وهو التأثير المتبادل لمستويات الكثافة الثلاث.



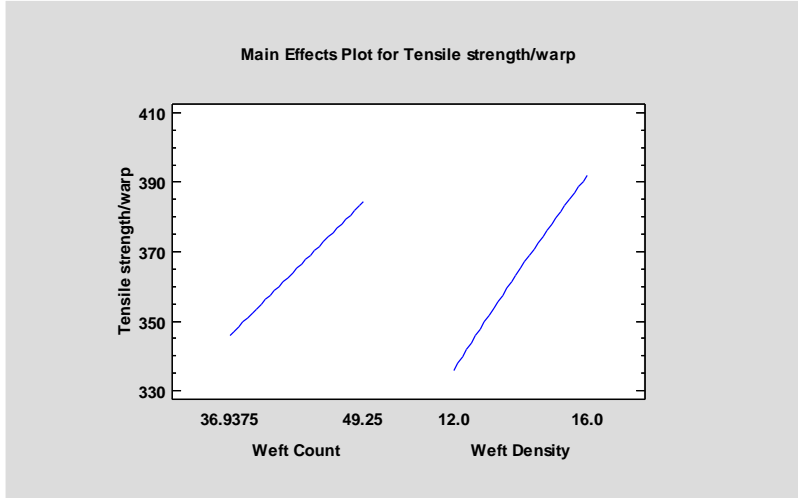
الشكل (4):مخطط باريتو لتأثير معاملات الدخول على قوة القطع باتجاه السداء



الشكل (5): مخطط باريتو لتأثير معاملات الدخول على قوة القطع باتجاه الحدف

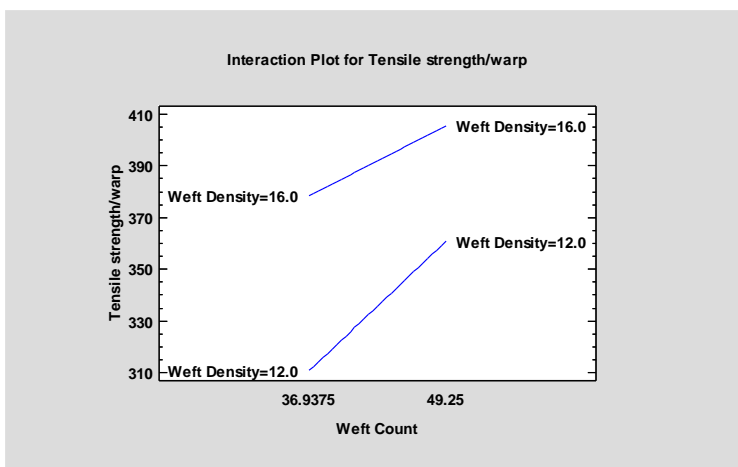
كان لتغيير نمرة خيط الحدف التأثير الأكبر على قيمة قوة القطع باتجاه الحدف كعامل مستقل بشكل طردي وكان التأثير التالي هو كثافة خيط الحدف باعتبارها عاملا مستقلا طرديا ويفسر ذلك بزيادة نقاط ارتباط الخيوط الطولية مع العرضية (نقاط التقاطع) وبالتالي زيادة لمعامل الاحتكاك الخيوط مع بعضها البعض وهنا تحتاج الى قوة اكبر لفصل الخيوط عن بعضها البعض وبالتالي قيمة قوة قطع اكبر {12}، كما كان للتأثير المشترك المتبادل لنمرة خيط الحدف مع الكثافة لخيط الحدف التأثير الثالث من حيث المقدار وطرديا من حيث التأثير وكان التأثير الأقل هو التأثير بين مستويات الكثافة بشكل عكسي (ارتفاع او انخفاض منحنى التأثير حسب التغيير زيادة او نقصان الكثافة على اعتبارها معادلة من الدرجة الثانية) كما هو موضح بالشكل (5).

برسم الخطوط المستقيمة المعبرة عن التأثير الأساسي لكلا المعاملين بشكل مستقل على قوة القطع باتجاه السداء نحصل على المخطط التالي والذي يبين مجال تأثير كل منها على الشد باتجاه السداء كما في الشكل (6)



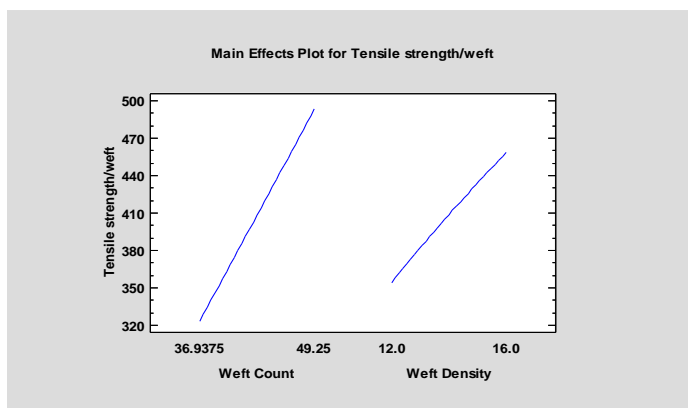
الشكل(6):التأثير الأساسي للمعاملات على قوة القطع باتجاه السداء

حيث تبين ان تزايد التأثير يأخذ قيمة اكبر في حالة زيادة الكثافة لخيوط الحدف ويليه نمرة خيط الحدف،اما عند دراسة التأثير المتبادل بين المعاملات المدروسة نحصل على مخطط التأثير المتداخل لمقادير الدخل فنجد انه لا يوجد تداخل واضح بين المعاملات ولا تبدي أي تأثير متبادل هام بينها كما في الشكل (7)



الشكل (7): التأثير المتبادل لمقادير الدخول على قوة القطع باتجاه السداء

برسم الخطوط المستقيمة المعبرة عن التأثير الأساسي لكلا المعاملين بشكل مستقل على قوة القطع باتجاه الحدف نحصل على المخطط التالي والذي يبين مجال تأثير كل منها على قوة القطع باتجاه الحدف كما في الشكل (8)

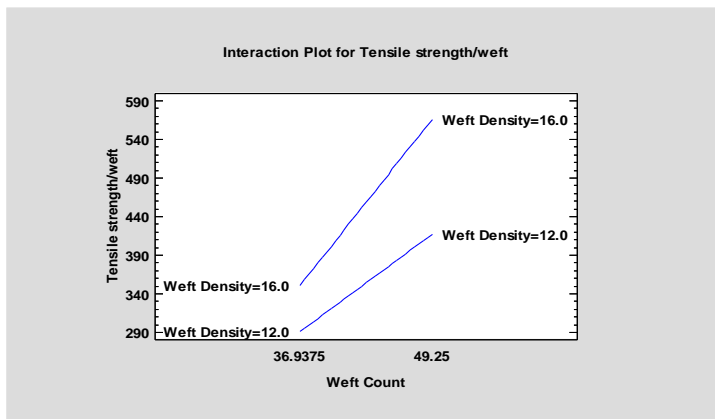


الشكل (8): التأثير الأساسي للمعاملات على قوة القطع باتجاه الحدف

حيث تبين ان تزايد التأثير يأخذ قيمة اكبر في حالة زيادة النمرة لخيوط الحدف ويليه كثافة خيوط الحدف، اما عند دراسة التأثير المتبادل بين المعاملات المدروسة نحصل على مخطط التأثير المتداخل لمقادير الدخول فنجد انه لا يوجد

تداخل واضح بين المعاملات ولا تبدي أي تأثير متبادل هام بينها كما في الشكل

(9)



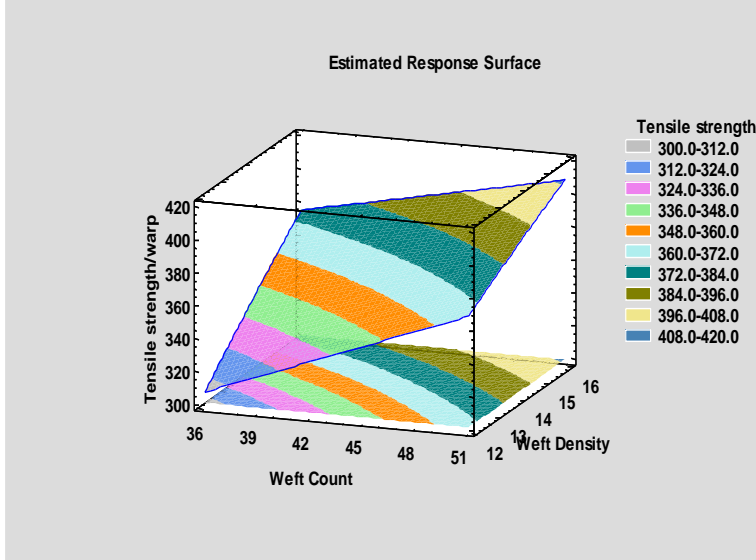
الشكل(9): التأثير المتبادل لمقادير الدخل على قوة القطع باتجاه الحدف

تم استخدام النمذجة الإحصائية وذلك من خلال تحليل ANOVA على برنامج (STATGRAPHICS) للتأكد من نتائج التجارب المخبرية ولدراسة العلاقة بين جميع المعاملات المستقلة والتأثير المتبادل فيما بينها على قوة القطع باتجاهي السداء والحدف حيث أن الإحصائيات تشير الى ان كل قيمة اقل من $p < 0.05$ هي ذو تأثير جوهري للمعامل على قوة القطع بالاتجاهين السداء والحدف، جدول (7) .

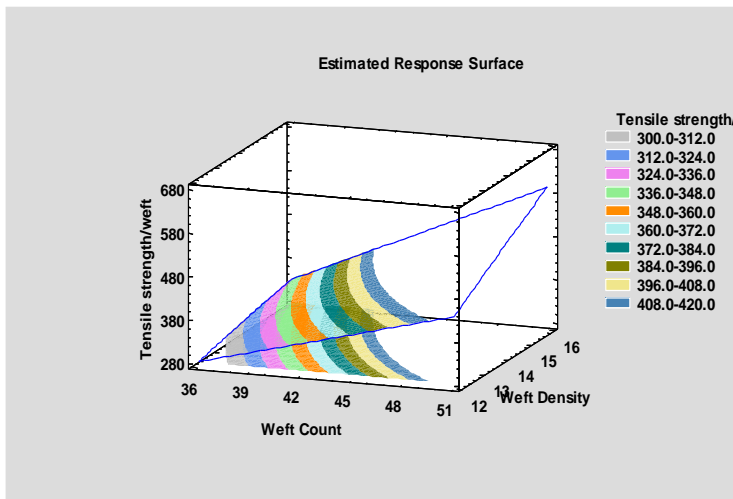
الجدول (7): قيم (P-VALUE) لتأثير العوامل المدروسة على خصائص شد
القماش

المعامل	P-VALUE	
	Tensile strength	
	warp direction	weft direction
A:Weft Count	0.0361	0.0052
B:Weft Density	0.0304	0.0104
AB	0.1479	0.0244
BB	0.6807	0.3863

بتوزيع قيم قوة القطع على مخطط سطح ثلاثي الأبعاد والذي يمثل معاملات الدخول
نحصل على مخطط الاستجابة ثلاثي الأبعاد لقوة القطع باتجاه السداء والحذف)
والمخطط عبارة عن سطح ثلاثي الأبعاد يبين الاستجابات المتوقعة كتابع لأثنين من
العوامل مع الحفاظ على العوامل الأخرى ثابتة على مستوياتها المتوسطة ، ويستند
نموذج الاستجابات المتوقعة على النموذج المفترض المأخوذ من نتائج المراقبة التجريبية
، تكون النتيجة الهندسية لتخطيط قيم استجابة على شكل تابع لمعاملين اثنين وتظهر
تداخلهما بانحناء السطح (كما يوضح الشكل (10) (11)



الشكل (10): توزيع قيم قوة القطع باتجاه السداء على مخطط الاستجابة ثلاثي البعد



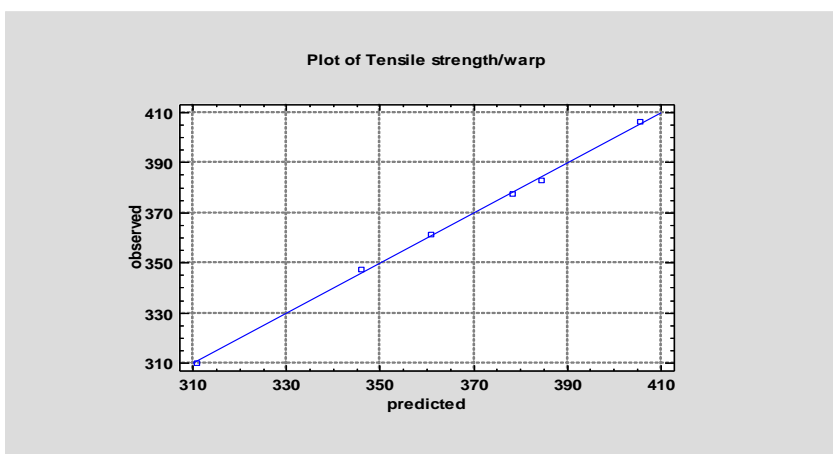
الشكل (11): توزيع قيم قوة القطع باتجاه الحدف على مخطط الاستجابة ثلاثي البعد

واعتمادا على التحليل الاحصائي المتبع لنتائج التجارب وبإجمال علاقة معاملات الدخل بقيمة قوة القطع باتجاهي السداء والحدف نحصل على المعادلات الرياضية التالية وذلك حسب الرموز المستخدمة في الجدول وتتضمن المعادلة الرياضية التأثير المستقل والمشارك لكل معاملات الدخل على مقدار قوة القطع الناتجة خلال التجارب

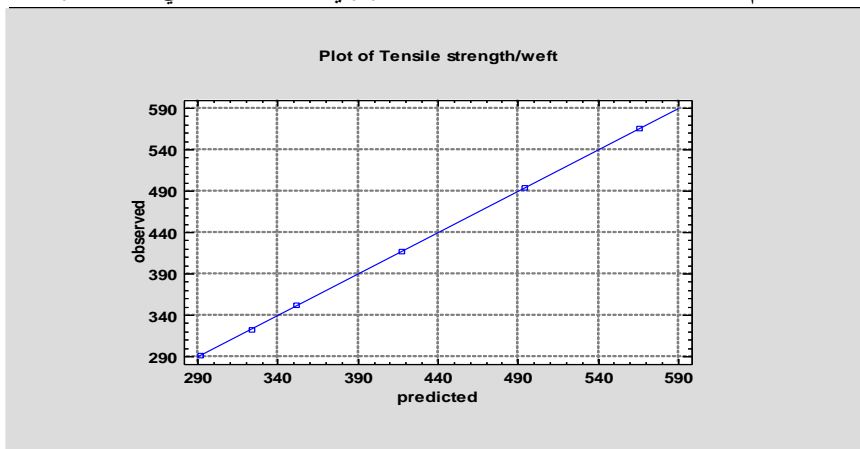
$$\text{Tensile strength/warp} = -307.38 + 9.58 A + 42.85 B$$

$$\text{Tensile strength/weft} = 433.04 - 11.45 A - 36.83B$$

تم اختبار النموذج التنبؤي من خلال البرنامج برسم مخطط التأثير الخطي بين معاملات الدخل وقيم الخواص المقاسة وتم الحصول على المخطط الذي يبين العلاقة بين القيم المتوقعة والقيم التجريبية للخواص المدروسة لكلا الاتجاهين السداء والحدف كما هو موضح بالشكل (12)(13):



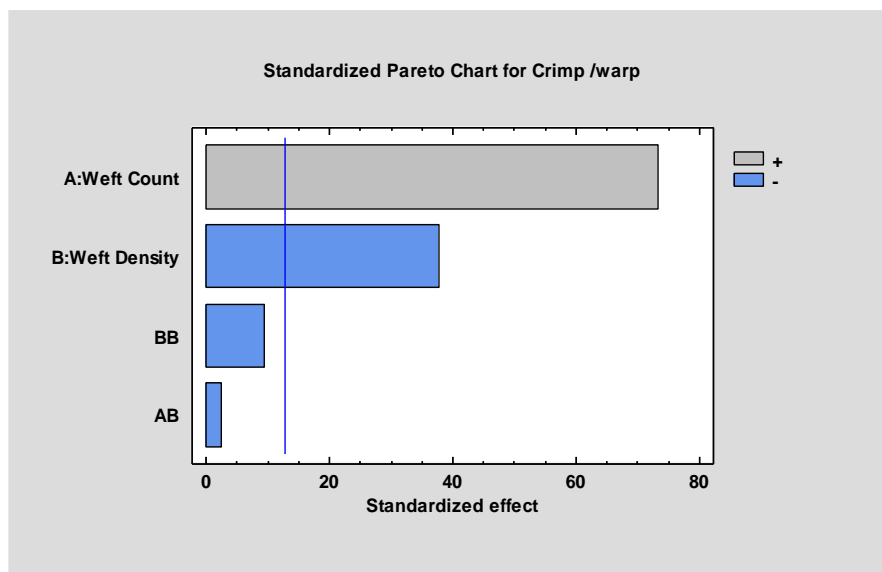
الشكل(12):العلاقة بين القيم المتوقعة والفعلية لقوة القطع باتجاه السداء



الشكل(13): العلاقة بين القيم المتوقعة والفعلية لقوة القطع باتجاه الحدف

كما استخدمت معاملات الارتباط ($R-sq.$) لقياس درجة الارتباط حيث كانت 99.8698 بالنسبة لنموذج قوة الشد باتجاه السداء و 99.9948 بالنسبة لنموذج قوة الشد باتجاه الحدف.

تم التحقق من صحة المعادلات للانحدار الخطي المتعدد لاتي تم تطويرها في هذه الدراسة باستخدام مجموعة من البيانات وتم مقارنة القيم الفعلية والمتوقعة لقوة القطع بالاتجاهين والحصول على ارتباط بيرسون 0.000 وكانت درجة الارتباط للسداء والحدف عالية مما يشير الى قدرة تنبؤ عالية جدا ودقة للمعادلات الناتجة. عند تحليل التشريب لوحظ اختلاف في القيم الناتجة عند التحليل بشكل واضح عند تغيير الكثافات والنمر لخيوط الحدف وبدراسة هذه المتغيرات حسب التأثير المتناقص على التشريب باتجاه السداء والحدف تم الحصول على مخطط باريتو كما في الشكل (14)(15)

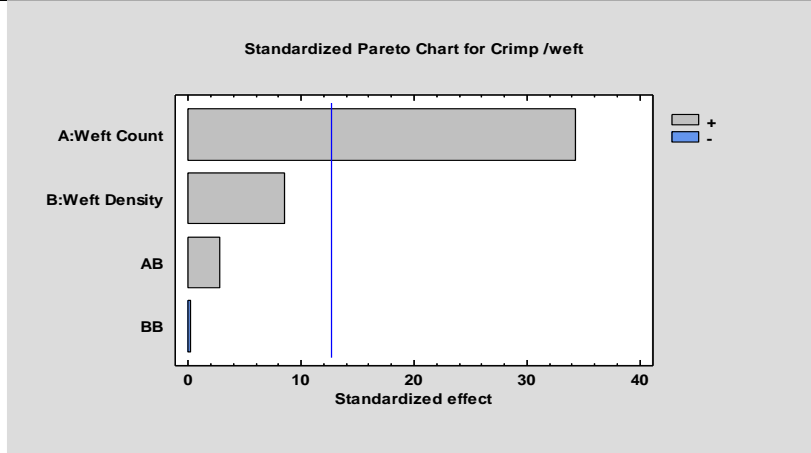


الشكل(14):مخطط باريتو لتأثير معاملات الدخل على التشريب باتجاه السداء

حيث كان لتغيير نمرة خيط الحذف التأثير الأكبر على قيمة التشريب باتجاه السداء كعامل مستقل بشكل طردي موجب وكان التأثير التالي هو تأثير تغيير كثافة خيط الحذف معاملاً مستقلاً بشكل عكسي سالب ويفسر ذلك الى انه عند انتاج نسيج قطني سادة 1/1 تزداد مقدار قوة الشد لخيوط السداء beat up اللازم للسك ويؤدي الى زيادة شد الخيوط اثناء العملية الإنتاجية ويعطي بذلك تشريب اقل

لخيوط السداء {12}

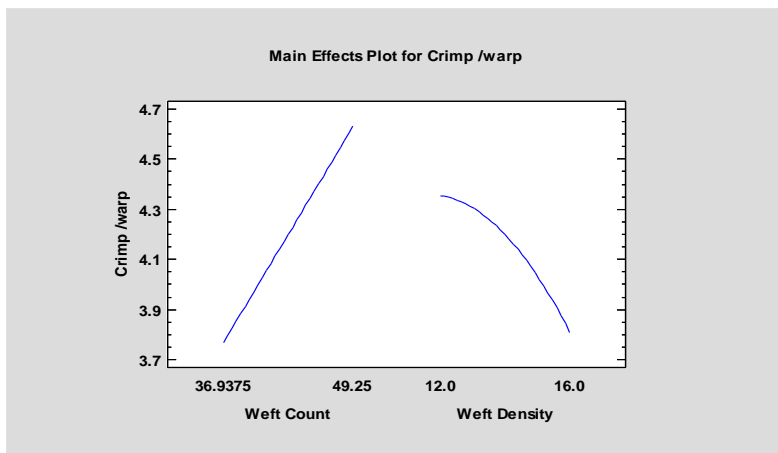
وبليها في المرتبة الثالثة من حيث التأثير هو تأثير تغيير لمستويات الكثافة بشكل عكسي وجاء بعد ذلك التأثير الأقل وهو التأثير المتداخل لكل من النمرة والكثافة بشكل عكسي سالب



الشكل (15): مخطط باريتو لتأثير معاملات الدخل على التشريب باتجاه الحذف

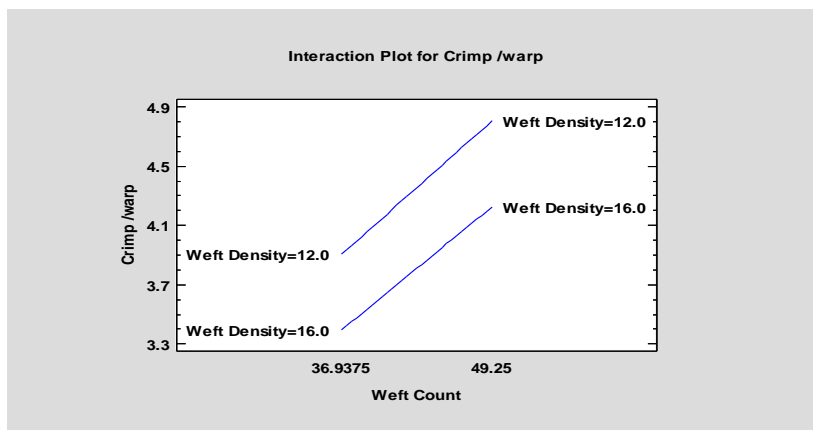
كان لتغيير نمرة خيط الحذف التأثير الأكبر على قيمة التشريب باتجاه الحذف كعامل مستقل بشكل طردي وكان التأثير التالي هو تأثير كثافة خيوط الحذف بشكل طردي موجب وجاء بعدها التأثير المتبادل لتغيير الكثافة والنمرة لخيوط الحذف وكان التأثير الأقل هو في الاختلاف عند مستويات الكثافة المتعددة بشكل بسيط من حيث المقدار والعكسي من حيث التأثير

برسم الخطوط المستقيمة المعبرة عن التأثير الأساسي لكلا المعاملين بشكل مستقل على التشريب باتجاه السداء نحصل على المخطط التالي والذي يبين مجال تأثير كل منها على التشريب باتجاه السداء كما في الشكل (16)



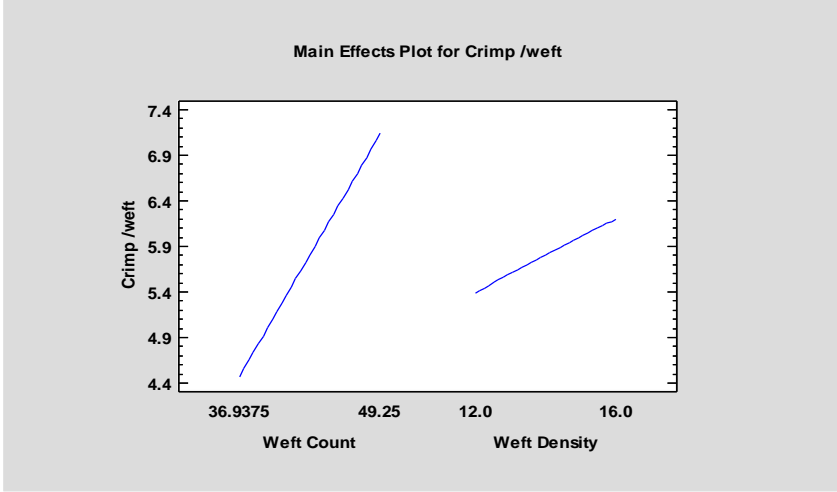
الشكل (16): التأثير الأساسي للمعاملات على التشريب باتجاه السداء

حيث تبين من المخطط علاقة التأثير الطردية للنمرة باتجاه الحدف وذو ميل كبير على قيمة التشريب باتجاه السداء والخط ذو اتجاه عام موجب اما بالنسبة للكثافة فهي ذو تأثير عكسي على التشريب باتجاه السداء والمنحني ذو اتجاه عام سالب اما عند رسم مخططات تداخل التأثير لمعاملات الدخول نجد ان التأثير المتداخل لنمرة وكثافة الحدف خطهما ذو اتجاه واحد عام موجب وهذا لا يعطي تداخلاً هام على التشريب باتجاه السداء كما في الشكل (17):



الشكل (17): التأثير المتبادل لمقادير الدخول على التشريب باتجاه السداء

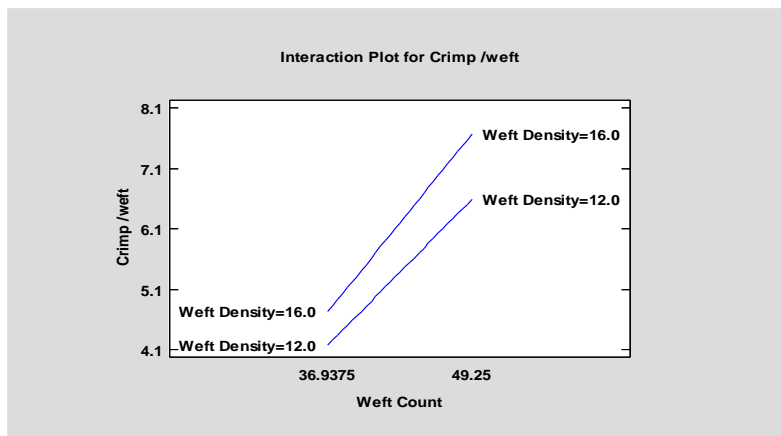
برسم الخطوط المستقيمة المعبرة عن التأثير الأساسي لكلا المعاملين بشكل مستقل على التشريب باتجاه الحذف نحصل على المخطط التالي والذي يبين مجال تأثير كل منها على التشريب باتجاه الحذف كما في الشكل (18)



الشكل(18):التأثير الأساسي للمعاملات على التشريب باتجاه الحذف

حيث تبين من المخطط ان التأثير يأخذ قيمة أكبر في حالة تغيير نمرة خيط الحذف والخط في هذه الحالة ذو اتجاه عام موجب كما هو الحال عند تغيير كثافة خيط الحذف فيأخذ اتجاه عام موجب وهو ذو تأثير طردي
اما عند رسم مخططات تداخل التأثير لمعاملات الدخول نجد ان التأثير المتداخل والمتبادل لنمرة وكثافة الحذف ذو تأثير طردي ايجابي مع عدم وجود تداخل يذكر بين المعاملين و أي تأثير هام ويوضح ذلك بالشكل (19)

دراسة تأثير تغيير نمرة وكثافة خيوط الحدف على خواص المتانة والتشريب للقماش المنتج والتنبؤ
بقيم هذه الخواص



الشكل (19): التأثير المتبادل لمقادير الدخل على التشريب باتجاه الحدف

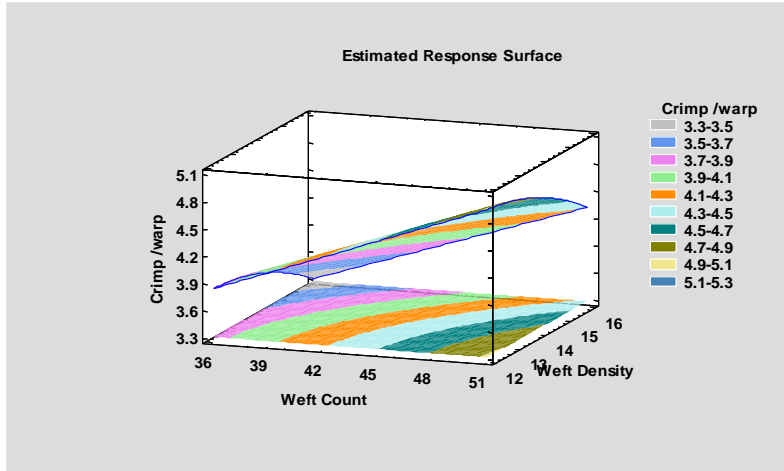
استخدام النمذجة الإحصائية وذلك من خلال تحليل **ANOVA** للتأكد من نتائج التجارب المخبرية ولدراسة العلاقة بين جميع المعاملات المستقلة والتأثير المتبادل فيما بينها حيث ان الاحصائيات تشير الى ان كل قيمة اقل من $p < 0.05$ هي ذو تأثير جوهري للمعامل على التشريب بالاتجاهين (السداء والحدف)، جدول (8).
الجدول (8): قيم (P-VALUE) لتأثير العوامل المدروسة على خصائص

التشريب للأقمشة

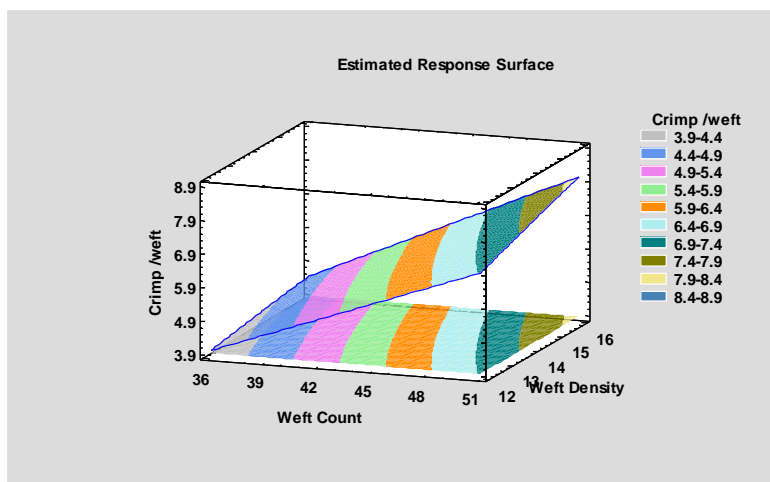
المعامل	P-Value Crimp	
	warp direction	weft direction
A:Weft Count	0.0087	0.0185
B:Weft Density	0.0169	0.0741
AB	0.2490	0.2197
BB	0.0675	0.8669

من الجدول 8 : نلاحظ أن نمرة وكثافة خيط الحدف لها تأثير جوهري على التشريب باتجاهي السداء والحدف إضافة الى كثافة خيط الحدف الذي يملك أثر جوهري على التشريب باتجاه السداء بينما الأثر المشترك او المتدخل له تأثير بسيط وغير مهم إحصائياً وذلك وفقاً لتحليل **Anova**

بتوزيع قيم التشريب للسداء والحدف على مخطط السطح ثلاثي الابعاد (حيث تكون النتيجة الهندسية لتخطيط قيم الاستجابة على شكل تابع لمعاملين اثنين وتظهر تداخلهما بانحناء السطح فإذا كان السطح مستوي دون أي انحناء فهذا يؤكد عدم وجود تأثير متبادل بين العوامل) والذي يمثل معاملات الدخل نحصل على الشكل (20)(21):



الشكل (20):توزيع قيم التشريب باتجاه السداء على مخطط الاستجابة ثلاثي البعد



الشكل (21):توزيع قيم التشريب باتجاه الحدف على مخطط الاستجابة ثلاثي
البعد

واعتمادا على التحليل الاحصائي المتبع لنتائج التجارب حصلنا على العلاقات الرياضية التالية حسب الرموز المستخدمة في الجداول وتتضمن المعادلة الرياضية التأثير المستقل والمشارك لكل معاملات الدخل على قيمة التشريب بالاتجاهيين للقماش الناتج اثناء العملية الإنتاجية :

$$\text{Crimp /warp} = -3.53 + 0.09 A + 0.7475 B$$

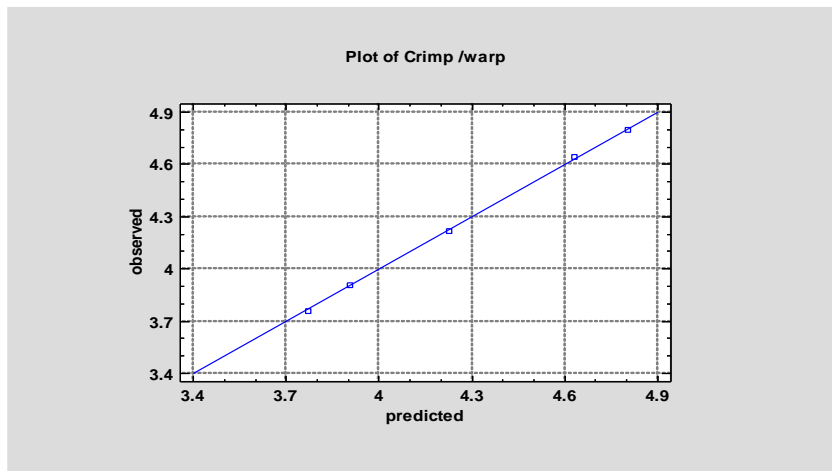
$$\text{Crimp /weft} = -0.75 + 0.07 A - 0.14 B$$

A : تمثل نمرة خيط الحدف

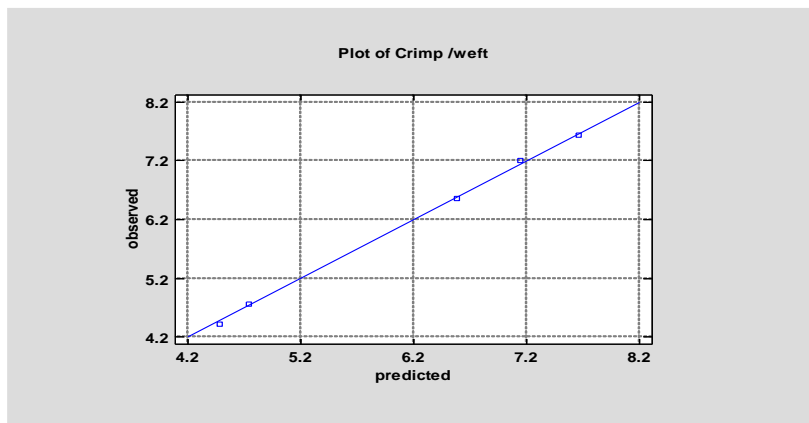
B: تمثل كثافة خيط الحدف

ويرسم مخطط التأثير الخطي بين المعاملات الدخل وقيم التشريب للقماش الناتج باتجاهي السداء والحدف نحصل على المستقيم الموضح بالشكل (22)(23) والذي

بين العلاقة بين القيم المتوقعة والتجريبية للتشريب في القماش المنتج
بالاتجاهين [اختبار موثوقية المعادلات الناتجة] {2}{14}



الشكل (22): العلاقة بين القيم المتوقعة والفعلية للتشريب باتجاه السداء



الشكل (22): العلاقة بين القيم المتوقعة والفعلية للتشريب باتجاه الحدف

كما استخدمت معاملات الارتباط ($R-sq.$) لقياس درجة الارتباط حيث كانت 99.9855 بالنسبة لنموذج قوة الشد باتجاه السداء و 99.9207 بالنسبة لنموذج باتجاه الحدف.

تم التحقق من صحة معادلات الانحدار الخطي المتعدد و التي تم تطويرها في هذه الدراسة باستخدام مجموعة من البيانات وتم مقارنة القيم الفعلية والمتوقعة للتشريب بالاتجاهين والحصول على ارتباط بيرسون 0.000 وكانت درجة الارتباط للسداء والحدف عالية مما يشير الى قدرة تنبؤ عالية جدا ودقة للمعادلات الناتجة

9-النتائج:

يمكن من خلال النتائج والمعطيات التي تجمعت لدينا استنتاج مايلي:

- 1- ان لعامل النمرة تأثير هام على خاصية المتانة فعند زيادة قيمة النمرة لخيوط الحدف تزداد قيمة قوة القطع للقماش المنتج بالاتجاهين السداء والحدف ويعود ذلك الى زيادة قطر الخيط وزيادة عدد الشعيرات في المقطع العرضي وبالتالي قوة اكبر لقطع العينة المنتجة
- 2- ان لكثافة خيوط الحدف تأثير هام وايجابي على قيمة قوة القطع حيث زيادتها تؤدي بشكل طردي الى زيادة قوة القطع بالاتجاهين
- 3- ان لعامل الكثافة اثر هام جداً على خاصية التشريب حيث زيادة الكثافة باتجاه الحدف يؤدي الى زيادة نسبة التشريب على نفس الجهة، اما باتجاه السداء فقلت نسبة التشريب عند زيادة عدد الحدفات
- 4- تختبر الخطوط البيانية المرسومة لكل معاملات الخرج (المتانة والتشريب) المعادلات الرياضية الناتجة بمقارنة القيم المتوقعة مع القيم المقاسة التجريبية

5- حققت المعادلات الرياضية التي تم الحصول عليها قيم قريبة بشكل كبير من

القيم التجريبية مما يشير الى موثوقية النموذج المبتكر

6- أظهرت المخططات التي تم الحصول عليها علاقة معاملات الدخول بشكل

مستقل او متداخل بمقادير الخرج التي تتعلق بالموصفات الفيزيائية

والميكانيكية للقماش المنتج مما يسهل عملية فهم العلاقة ومن ثم استخدام تلك

المخططات في الواقع العملي وتحديدًا ضمن المنشآت النسيجية

7- عند الوصول الى الضبط الأمثل لقوى القطع ونسبة التشريب فإن تعميم طريقة

الضبط في الشركات ستساعد على

- خفض الهدر الناتج عن زيادة تشريب الاقمشة عند انتاجها على الانوال

- زيادة جودة القماش المنتج

- تحديد قيمة القطع اللازمة للمنتج حسب الاستخدام النهائي له

- تقليل الوقت اللازم لعمليات الضبط بغية الحصول على المواصفة اللازمة

للقماش المراد انتاجه

10-التوصيات والمقترحات :

- يوصى بدراسة المتانة والتشريب على نمر أخرى للخیوط وكثافات مختلفة

وخامات نسيجية متعددة

- استخدام النماذج الرياضية خلاصة البحث في عمليات ضبط نسبة التشريب

والمتانة قبل عملية الإنتاج مما يقلل الهدر ويرفع جودة المنتج

- إيجاد نماذج رياضية لضبط مواصفات وخواص القماش بمؤشرات مختلفة

تتعلق بمنتجات خاصة ذو جدوى اقتصادية

11-المراجع العلمية:

- 1-Beyene, K. A., & Korra, C. G. (2022). Modeling for the prediction and evaluation of the crimp percentage of plain woven fabric based on yarn count and thread density. *Tekstilec*, 65(1), 14-24.
- 2- Sirková, B. K., & Mertová, I. (2020). Prediction of warp and weft crimp in the construction of dobby woven fabrics. *The Journal of The Textile Institute*, 111(10), 1401-1409.
- 3- Malik, Z. A., Malik, M. H., Hussain, T., & Arain, F. A. (2011). Development of models to predict tensile strength of cotton woven fabrics. *Journal of engineered fibers and fabrics*, 6(4), 15589250110060040
- 4- Fazal, M. Z., Abbas, M. A., Nawab, Y., & Younis, S. (2021). Machine Learning Approach for Prediction of Crimp in Cotton Woven Fabrics. *Tehnički vjesnik*, 28(1), 88-944
- 5- Milašius, A., & Milašius, V. (2008). New representation of the fabric weave factor. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 16(4), 69.5
- 6- Gong, R. H., & Chen, Y. (1999). Predicting the performance of fabrics in garment manufacturing with artificial neural networks. *Textile Research Journal*, 69(7), 477-482.8
- 7- Petrulis, D. (2012). The influence of fabric construction and fibre type on textile durability: woven, knitted and nonwoven fabrics. *Understanding and improving the durability of textiles*, 3-30.9
- 8- Kumpikaitė, E., Lapelytė, E., & Petraitienė, S. (2021). Method of Predicting the Crimp of Jacquard-Woven Fabrics. *Materials*, 14(18), 5157.
- 9- Malik, Z. A., Hussain, T., & Tanwari, A. (2010). Predicting tensile strength of yarns required for producing PET/Cotton blended woven fabrics of a pre-defined tensile strength. *Fibers and Polymers*, 11(3), 487-493

- 10- Malik, Z. A., Haleem, N., Malik, M. H., & Tanwari, A. (2012). Predicting the tensile strength of polyester/cotton blended woven fabrics using feed forward back propagation artificial neural networks. *Fibers and Polymers*, 13(8), 1094-1100.
- 11-Peerzada, M. H., & Khatri, S. A. A. A. (2012). Effect of weave structure on tensile strength and yarn crimp of three-dimensional fibre woven fabric. *composites*, 16, 18.
- 12-Malik, M. H., Hussain, T., & Ali, Z. (2009). Effect of fabric count on the tensile strength of blended woven fabrics. *J. Eng. Appl. Sci. Univ. Eng. Technol. Peshawar*, 28(2).
- 13-Mertova, I., Neckar, B., & Ishtiaque, S. M. (2016). New method to measure yarn crimp in woven fabric. *Textile Research Journal*, 86(10), 1084-1096.
- 14-Malik, Z. A., Hussain, T., Malik, M. H., & Tanwari, A. (2011). Selection of yarn for the predefined tensile strength of cotton woven fabrics. *Fibers and Polymers*, 12, 281-287