مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية_ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (٤) العدد (١) 2020
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies- Engineering Sciences Series Vol. (4) No. (1) 2020

مقارنة نتائج استخدام خشبي اللّوز والتفّاح في التدخين الساخن لسمك الترويت

أحمد سمّور الإبراهيم*

نسرين البيطار**

ولاء سلامة ***

(تاريخ الإيداع ٢٩ / ٥ / ٢٠١٩ . قُبل للنشر ٢ / ٢ / ٢٠٢٠)

ملخص

تمّ إجراء عمليّة تدخين الأسماك بواسطة جهاز تدخين مصنّع محلّياً على سمك من نوع ترويت باستخدام نوعين من الخشب؛ خشب اللّوز وخشب التفّاح، وبعد التّدخين تمّت تعبئة السمك المدخَّن ضمن أكياس من البولي إيثيلين مع التفريغ اليدوي وحفظه في البرّاد عند درجة حرارة 4°C لمدة 10 أيام.

تمّت دراسة التغيّرات الكيميائيّة التي حصلت خلال فترة التخزين للسمك المدخن بكلا النوعين من الخشب (محتوى الرطوبة، الحموضة الكليّة، pH، رقم البيروكسيد والتعداد العام للأحياء الدقيقة)؛ حيث لوحظ انخفاض محتوى الرطوبة في السمك المدخَّن إلى (65.48%) عند استخدام خشب اللوز وإلى (67.83%) عند استخدام خشب التفاح، وانخفاض في التعداد العام إلى CFU/g(2×10^2) باستخدام اللوز و إلى CFU/g (3×10^3) باستخدام خشب التفاح، حيث بقي التعداد العام ضمن الحدود المطلوبة (وفق المواصفات القياسية السورية للسّمك المدخَّن) CFU/g (1×10^6) حتى بعد اليوم السابع من التخزين بالنسبة لخشب اللّوز على خلاف خشب التفاح الذي تجاوز القيمة الآمنة بعد اليوم السابع، ولوحظ انخفاض في قيمة pH النوعين ، وبالتالي ارتفاع في قيمة الحموضة الكليّة بسبب الأحماض الناتجة عن الدخان، أما رقم البيروكسيد فينخفض بعد التدخين ويتزايد تدريجياً خلال التخزين ليصل إلى قيم تتراوح بين (6.41–7.10) mg.eq O_2/kg.

الكلمات المفتاحية: تدخين، تدخين ساخن، حفظ الأسماك.

*أستاذ مساعد في قسم الهندسة الغذائية ، كلية الهندسة الكيميائية بجامعة البعث .

**مدرس في قسم الهندسة الغذائية ، كلية الهندسة الكيميائية بجامعة البعث .

***طالبة دراسات عليا (ماجستير) في قسم الهندسة الغذائية من كلية الهندسة البتروكيماوية بجامعة البعث .

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية_ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (٤) العدد (١) 2020
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies- Engineering Sciences Series Vol. (4) No. (1) 2020

Results comparison of using almond and apple wood for hot smoking of Trout fish

Ahmad sammour alibrahem*
Nissren Bitar**
Walaa Salamah***

(Received 29 / 5 / 2019 . Accepted 9 / 1 / 2020)

Abstract

Smoking was performed on Trout fish, by the smoking apparatus that manufactured locally, By using almond wood and apple wood.

After smoking, the smoked fish is packed in polyethylene bags with manual vacuum and refrigerated at 4°C for 10 days.

The chemical changes that occurred during the storage period were studied (Humidity, Acidity, pH, Number of peroxide, General census of microbiology); where moisture was observed in the smoked fish (65.48%) when using almond wood, And (67.83%)when using apple wood, and decrease in the general census to (2×10^2)CFU/g when using almond wood, And (3×10^3)CFU/g when using apple wood.

Where the general census remained within the required limits, (According to Syrian standards of smoked fish, (1×10^6) CFU/g, otherwise apple wood which exceeded the safe value after the seventh day **,** and decrease in the value of pH, thus increasing the total acidity value due to the acid generated by the smoke.

The number of peroxide decreases after smoking, and gradually increases during storage to (6.41-7.10) mg.eq O_2/kg.

Key words: Smoking, Hot smoking, Fish preservation.

*Associate Professor , food Engineering , Faculty of Chemical Engineering, Al-Baath university .

**Assistant Professor, food Engineering , Faculty of Chemical Engineering, Al-Baath university .

***Postgraduate Student, food Engineering, Faclty of Petrochemical Engineering , Al-Baath university .

المقدمة:

يُقصد بتدخين الأسماك معاملتها بالدّخان الناتج عن الاحتراق غير الكامل للأخشاب كوسيلة للحفاظ عليها وزيادة مدّة الحفظ والتخزين ولإكسابها صفات مرغوبة من حيث الطعم والملمس والمظهر.

يُعد التدخين واحدة من طرق حفظ اللحوم، لكن في الواقع لا يمكن اعتباره طريقة حفظ مستقلة، إذْ عادةً تتمّ إلى جانب طرائق أخرى أهمها التمليح والتجفيف الجزئي.

قام بعض الباحثين [Kjällstrand & Petersson, 2010] بتحليل محتوى دخان خشب شجرة البلوط من مادة ميثوكسي فينول وهو مضاد أكسدة، إذْ أُجري التحليل بواسطة الكروماتوغرافيا الغازيّة ومطياف الكتلة، وبالإضافة للميثوكسي فينول فقد تمّ تحليل مكوّنات العديد من المركبات مثل: 6,1- هيدروغلوكوز، 2- فورالدهيد الفورانوز والهيدروكربونات.

فقد لوحظ أنّ تراكيز المركبات العطرية كان منخفضاً وذلك بسبب انخفاض حرارة مولد الدخان، حيث أنّ مكونات الدخان السائدة كانت 6,2- ثنائي ميثوكسي فينول وهي منتجات تحلل حراري مميزة للخشب الصلب، وهذا المركب مضاد أكسدة أقوى من 2- ميثوكسي فينول الموجود بكميات أقل، فعند تقييم التركيب الكيميائي لمتكاثفات الدخان، وجد أنّ الميثوكسي فينول هو المكون الرئيس الأكثر أهميّةً لنكهة الدخان وللحفاظ على بيروكسيد الدهون من التزنخ، فالتحليل السابق أوضح أنّ ميثوكسي فينول هو مكون الدخان الرئيس.

كما كان المكون الرئيس للدخان المتشكل من احتراق الكربوهيدرات هو 6,1- هيدروغلوكوز، وذلك لوجود السيللوز، وأيضاً كان البنزن هو الهيدروكربون العطريّ الأساس في الدخان ثم التولوين وبعده الزيلين والستيارين.

كما قام بعض العلماء [Varlet *et al.*, 2007] بدراسة الألدهيدات العطرية الموجودة في السمك المدخن، حيث يُعزى أصل الألدهيدات العطرية للتفاعلات الأنزيمية، ولكن بشكل خاص للتفكك التدهوري الحراري مثل تفاعلات ميلارد، وهذه التفاعلات تحدث خلال العملية الحرارية ويسهل حدوثها عند ارتفاع درجة الحرارة. ومركبات ميلارد ومشتقّاتها مثل البنزوألدهيد الموجودة في الأسماك المدخنة لطالما كان من الصعوبة أن تنتسب إلى عملية التدخين أم أنّها ناشئة من لحم السمك لأنّ كلا الطريقان ممكنان، كما أنّ للألدهيدات دور مهمّ في نكهة الأسماك المدخنة، حيث تساهم في تشكيل رائحة السمك المدخن، كما أنّ لها دور في لون السمك المدخن، وهذا اللون يختلف من الأصفر الذهبي إلى البني الداكن، وذلك وفقاً لطبيعة الخشب وشدة عملية التدخين.

هدف البحث:

إجراء مقارنة بين خشب التفّاح وخشب اللّوز في عملية حفظ الأسماك بالتدخين.

المواد المستخدمة وطرائق البحث:

تمّ إجراء الاختبارات التالية:

- الاختبارات الفيزيائيّة:
  - الرطوبة بطريقة (AOAC, 2000).
  - pH باستخدام جهاز pH-meter.
- الاختبارات الجرثوميّة:
  - التعداد العام للأحياء الدقيقة على وسط آغار PCA بطريقة الزرع على أطباق بتري.

• الاختبارات الكيميائيّة:

• الحموضة الكلية بالمعايرة بطريقة (AOAC)

• قرينة البيروكسيد بطريقة (AOAC, 965.33)

المواد المستخدمة:

●سمك من نوع ترويت نهري تقليدي: ينتمي سمك الترويت إلى فصيلة أسماك السلمون والتي تنتمي بدورها إلى رتبة السلمونيات وعائلة الأسماك شعاعية الزعانف وهي من الأسماك المفترسة كبيرة الحجم والتي يعتمد نظامها الغذائي أساساً على الأسماك الأصغر حجماً [Dean, 1994].

●ملح صخري لتحضير محلول ملحي مشبع.

●خشب لوز وخشب تفّاح.

●أكياس بولي إيثيلين.

تمّ إجراء عملية التدخين وفق ما يلي:

●إحضار سمك ترويت نهري مبرّد انقضى على صيده حوالي 16 ساعة من مسامك الهرمل (لبنان)، والموّرد إلى محافظة حمص في شهر شباط عام 2018، وزن السمكة يتراوح بين (450–500gr)، والطول حوالي 45cm وتنظيفه بشكل جيّد من آثار الدم وتمّ اختيار هذا النوع من السمك كونه مرغوب من قبل المستهلك ولتوافره بكثرة في السوق المحلّي.

●تحضير المحلول الملحي: (الماء بدرجة حرارة الغرفة 30°C والمحلول مشبع تركيز 23%، والغمر لمدة نصف ساعة فقط)؛ حيث أثبتت التجارب أنّ الغمر لمدة ساعة أدّى إلى ارتفاع الملوحة في المنتج عن طريق الانتشار، حيث يجب ألّا يطغى دور الملح على دور التدخين في الحفظ أو أن نصل إلى مرحلة تمليح مع تجفيف أي (تقديد) [Hilderbrand, 1999].

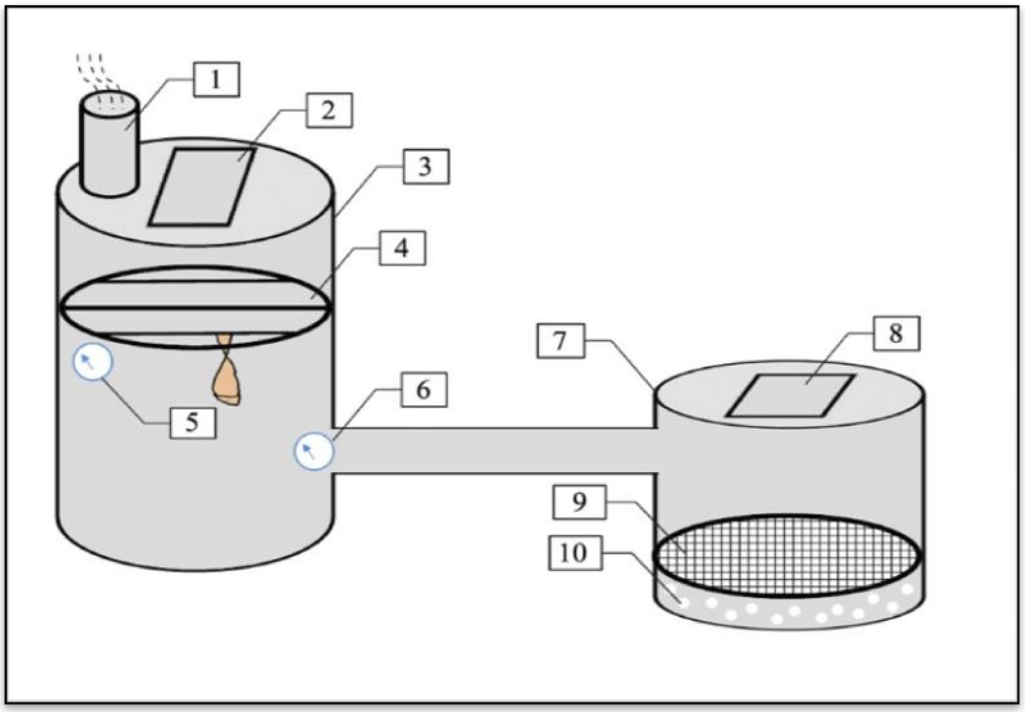
●إجراء عملية التجفيف الجزئي بعد عملية التمليح الرطب لمدة تصل إلى 12 ساعة وهي معلّقة عند درجة حرارة 13°C ورطوبة نسبية حوالي 75%، حيث إنّه إذا كانت المدة أقل من ذلك تبقى نسبة الرطوبة مرتفعة في المنتج النهائي، وهذا يؤدي بدوره إلى زيادة المحتوى الميكروبي وسرعة الفساد، أمّا زيادة مدة التجفيف تؤدي إلى زيادة رقم البيروكسيد وزيادة التزنخ [Adeyeye & Oyewole, 2016].

●ويتمّ التأكّد من تمام عملية التجفيف الجزئي عند تجلّد السطح وتقوّس الزعانف والذيل وتفتح الخياشيم.

●إجراء عملية التدخين في جهاز تدخين مصنّع محليّاً(الشكل 1) والمؤلّف من:

♦مولّد الدخان: حيث يتم فيه الاحتراق غير الكامل لأخشاب اللوز والتفاح، ويتألف من غطاء علوي يتم من خلاله إدخال الأخشاب بعد إشعالها ووضعها فوق شبك معدني، كما يوجد ثقوب في الأسفل تسمّى فتحات تهوية لضمان استمرار عمليّة الاحتراق.

♦حجرة التدخين: يدخل الدخان إليها من أسفلها من خلال مجرى أسطواني يصل بين حجرة التدخين ومولّد الدخان والأسماك معلّقة في الأعلى، وعند درجة حرارة تتراوح بين (85–90°C) حيث إذا كانت درجة الحرارة أقلّ من ذلك فهي تزيد من مدّة التدخين ودرجات الحرارة الأعلى من ذلك تُؤدّي إلى زيادة ترسّب المواد الهيدروكربونيّة وإلى تفحّم السمك واسوداد السطح الخارجي للسمك، حيث تمّ إجراء عملية التدخين في ريف حمص الشرقي، وتمّ الحصول على أخشاب شجر اللوز والتفاح من نواتج تقليم أشجار اللوز والتفاح والمخلّفات.



الشكل (1): رسم توضيحي لأقسام جهاز التدخين

١. مدخنة، 2. فتحة لتعليق السمك، 3. حجرة التدخين، 4. مكان تعليق السمك، 6،5. ميزان حرارة، 7. مولِّد الدخان، 8. فتحة لوضع الخشب، 9. شبك يوضع عليه الخشب،10. فتحات تهوية.

الشكل (2): جهاز التدخين المصنّع محلياً

تستمر عملية التدخين بالنسبة لسمك الترويت حوالي ٥٠ دقيقة لا أكثر، حتى لا تترسب كميات كبيرة من الهيدروكربونات وهباب الفحم على سطح الأسماك ومن أجل الحفاظ على الجودة والنوعيّة والخصائص الحسّيّة [Swastawati, 2013].

- نترك الأسماك المدخَّنة تبرد ضمن جو الغرفة ومن ثم نقوم بحفظها ضمن أكياس من البولي إيثيلين بالتفريغ عند درجة حرارة البراد المنزلي (+4°C).
- أخذ عينات من السمك المدخَّن لإجراء التحاليل.

نتائج التحليل:

تمّ قياس التغيّرات الكيميائيّة لكلٍّ من السمك المدخَّن والنّيء وذلك في الفترات الزمنية التالية:

- t=0: بعد الانتهاء من عملية التدخين مباشرةً وقبل البدء بعملية التخزين المبرَّد.
- t=1: بعد مرور يوم من عملية التدخين، والمنتج مخزَّن في البرّاد العادي أي عند الدرجة 4°C وبأكياس بولي إيثيلين.
- t=2: بعد مرور يومين من التخزين.
- t=3: بعد مرور 3 أيام من التخزين.
- t=5: بعد مرور 5 أيام من التخزين.
- t=7: بعد مرور 7 أيام من التخزين.
- t=9 بعد مرور 9 أيام من التخزين.
- t=10: بعد مرور 10 أيام من التخزين.

❖ تحديد رطوبة عيّنات السمك:

الجدول (1): رطوبة السمك النّيء خلال التخزين:

الزمن، t، (يوم)	نتيجة رقم 1، %	نتيجة رقم 2، %	نتيجة رقم 3، %	المتوسط الحسابي، %	الإنحراف المعياري
0	73.34	73.35	73.35	73.35	0.01
1	73.35	73.36	73.34	73.35	0.01
2	72.38	72.41	72.40	72.40	0.02
3	71.06	71.02	71.07	71.05	0.03
5	70.92	70.88	70.89	70.90	0.02
7	70.81	70.80	70.81	70.81	0.01

نلاحظ أنّ رطوبة السمك النّيء قد انخفضت أثناء التخزين المبرَّد نتيجة لفقد الماء مع مرور الزمن.

الجدول (2): رطوبة السمك المدخَّن بخشب اللوز خلال التخزين:

الزمن، t، (يوم)	نتيجة رقم 1، %	نتيجة رقم 2، %	نتيجة رقم 3، %	المتوسط الحسابي، %	الإنحراف المعياري
0	65.48	65.50	65.47	65.48	0.02
1	65.51	65.47	65.47	65.48	0.02
2	65.49	65.47	65.48	65.48	0.01
3	65.47	65.49	65.49	65.48	0.01
5	65.48	65.50	65.51	65.50	0.02
7	65.50	65.49	65.51	65.50	0.01
9	65.82	65.80	60.84	65.82	0.02
10	66.29	66.28	66.32	66.30	0.02

الجدول (3): رطوبة السمك المدخَّن بخشب التفاح خلال التخزين:

الزمن، t، (يوم)	نتيجة رقم 1، %	نتيجة رقم 2، %	نتيجة رقم 3، %	المتوسط الحسابي، %	الإنحراف المعياري
0	67.81	67.83	67.84	67.83	0.02
1	67.82	67.83	67.83	67.83	0.01
2	67.83	67.82	67.84	67.83	0.01
3	67.88	67.91	67.92	67.90	0.02
5	68.10	68.09	68.10	68.10	0.01
7	68.24	68.25	68.20	68.23	0.03
9	68.35	68.35	68.34	68.35	0.01
10	69.19	69.18	69.18	69.18	0.01

من النتائج نجد أنّ رطوبة السمك المدخَّن بكلا نوعي الخشب قد بقيت ثابتة، ويُمكن تفسير ذلك بأنّ السمك المدخَّن أكثر ثباتاً للتغيّرات التي تحصل أثناء فترة التخزين (الفعاليّة المائيّة منخفضة وأغلب الماء الموجود يكون بشكل مرتبط، مما يُقلّل من سرعة التفاعلات الأنزيميّة ونشاط الأحياء الدقيقة، والتي تجعل المنتج أكثر استقراراً، أي تزيد من فترة صلاحيته)، أمّا الزيادة القليلة في الرطوبة يمكن أن تُعزى إلى أنّ المنتجات المجفّفة تكون أكثر شراهةً لامتصاص الرطوبة من الوسط المحيط.

بالمقارنة مع رطوبة السمك النّيء، يمكن القول إنّ رطوبة السمك المدخَّن أقلّ من رطوبة السمك النّيء، نتيجةً للمراحل التي مرّ بها (التمليح، التجفيف الجزئي وعملية التدخين)، والتي تقوم بعملية تجفيف سطحي للمنتجات مما يجعلها أكثر ثباتيّةً اتجاه عوامل الفساد المتعدّدة وبالتالي زيادة فترة صلاحية المنتج.

❖ تحديد قيمة pH عيّنات السمك:

الجدول (4): قيمة pH السمك النّيء أثناء التخزين:

الزمن، t، (يوم)	نتيجة رقم 1	نتيجة رقم 2	نتيجة رقم 3	المتوسط الحسابي	الإنحراف المعياري
0	6.40	6.39	6.39	6.39	0.01
1	6.57	6.55	6.57	6.56	0.01
2	6.89	6.89	6.88	6.89	0.01
3	7.04	7.01	7.02	7.02	0.02
5	7.11	7.11	7.10	7.11	0.01
7	7.28	7.29	7.32	7.30	0.02

من النتائج نلاحظ أنّ قيمة pH السمك النّيء قد ارتفع قليلاً أثناء التخزين المبرَّد، ويُمكن تفسير ذلك بحدوث تفاعلات مختلفة كتفكك البروتينات، وتفكك الـ ATP، ونشاط الأحياء الدقيقة أثناء التخزين، والتي أدّت بدورها إلى ارتفاع قيمة pH السمك النّيء [Rathod & Asif, 2013].

الجدول (5): قيمة pH السمك المدخّن بخشب اللوز:

الزمن، t، (يوم)	نتيجة رقم 1	نتيجة رقم 2	نتيجة رقم 3	المتوسط الحسابي	الإنحراف المعياري
0	6.64	6.63	6.64	6.64	0.01
1	6.63	6.64	6.66	6.64	0.02
2	6.59	6.61	6.59	6.60	0.01
3	6.58	6.58	6.57	6.58	0.01
5	5.50	5.50	5.51	5.50	0.01
7	5.43	5.41	5.42	5.42	0.01
10	5.41	5.43	5.43	5.42	0.01

الجدول (6): قيمة pH السمك المدخّن بخشب التفاح:

الزمن، t، (يوم)	نتيجة رقم 1	نتيجة رقم 2	نتيجة رقم 3	المتوسط الحسابي	الإنحراف المعياري
0	6.54	6.56	6.56	6.55	0.01
1	6.50	6.50	6.51	6.50	0.01
2	6.40	6.39	6.40	6.40	0.01
3	6.35	6.38	6.39	6.37	0.02
5	5.53	5.54	5.55	5.54	0.01
7	5.38	5.38	5.39	5.38	0.01
10	5.35	5.35	5.35	5.35	0

مما سبق نجد أنّ قيمة pH السمك المدخَّن تطرأ عليها تغيّرات طفيفة أثناء التخزين، ويُمكن تفسير ذلك أنّ المنتج كان مستقراً خلال فترة التخزين المبرَّد ولم يحدث فيه نشاط للأحياء الدقيقة بسبب الحرارة المرتفعة التي تعرّض لها المنتج أثناء عملية التدخين من جهة وانخفاض الرطوبة من جهة أخرى.

❖ تحديد الحموضة لعيّنات السمك:

الجدول (7): النسبة المئوية للحموضة للسمك النّيء:

الزمن، t، (يوم)	نتيجة رقم 1، %	نتيجة رقم 2، %	نتيجة رقم 3، %	المتوسط الحسابي، %	الإنحراف المعياري
0	0.3750	0.3925	0.3800	0.3825	0.01
1	0.3799	0.3845	0.3822	0.3822	0
2	0.3197	0.3201	0.3199	0.3199	0
3	0.3008	0.2845	0.2926	0.2926	0.01
5	0.2835	0.2840	0.2830	0.2835	0
7	0.2800	0.2680	0.2740	0.2740	0.01

الجدول (8): النسبة المئوية للحموضة للسمك المدخَّن بخشب اللوز:

الزمن، t، (يوم)	نتيجة رقم 1، %	نتيجة رقم 2، %	نتيجة رقم 3، %	المتوسط الحسابي، %	الانحراف المعياري
0	0.4770	0.4900	0.4955	0.4875	0.01
1	0.4845	0.4865	0.4920	0.4877	0
2	0.5692	0.5850	0.6025	0.5834	0.02
3	0.6230	0.6450	0.5996	0.6225	0.02
5	0.6415	0.6612	0.6820	0.6612	0.02
7	0.6735	0.6896	0.6997	0.6876	0.01
9	0.7213	0.7132	0.6991	0.7112	0.01
10	0.7175	0.7110	0.7090	0.7125	0

الجدول (9): النسبة المئوية للحموضة للسمك المدخَّن بخشب التفاح:

الزمن، t، (يوم)	نتيجة رقم 1، %	نتيجة رقم 2، %	نتيجة رقم 3، %	المتوسط الحسابي، %	الانحراف المعياري
0	0.4404	0.4625	0.4965	0.4650	0.03
1	0.4410	0.4600	0.4943	0.4650	0.03
2	0.5553	0.5425	0.4997	0.5325	0.03
3	0.6515	0.6652	0.6595	0.6587	0.01

5	0.7120	0.7225	0.7315	0.7220	0.01
7	0.7435	0.7321	0.7463	0.7406	0.01
9	0.8720	0.8643	0.8566	0.8643	0.01
10	0.8834	0.8690	0.9028	0.78850	0.02

نجد من الجدول السابق، ارتفاع الحموضة الكليّة للسمك المدخَّن نتيجة للأحماض المترسّبة على السمك والناتجة عن احتراق الخشب بالإضافة إلى نموّ ونشاط الأحياء الدقيقة.

❖ تحديد التعداد العام للأحياء الدقيقة:

الجدول (10): التعداد العام للأحياء الدقيقة للسمك النّيء:

الزمن، t، (يوم)	نتيجة رقم 1،		نتيجة رقم 2،		نتيجة رقم 3،		المتوسط الحسابي	المتوسط الحسابيLog	الانحراف المعياري
	CFU/g	Log(1)	CFU/g	Log(2)	CFU/g	Log(3)			
0	8.1×10^3	3.908	7.9×10^3	3.897	8×10^3	3.903	8×10^3	3.90267	0.01
1	4.3×10^4	4.633	3.9×10^4	4.591	3.8×10^4	4.579	4×10^4	4.601	0.03
2	8.3×10^4	4.919	7.7×10^4	4.886	8×10^4	4.903	8×10^4	4.90267	0.02
3	0.2×10^6	5.301	2×10^6	6.301	0.8×10^6	5.903	1×10^6	5.835	0.5
5	1.1×10^7	7.041	1.5×10^7	7.176	0.4×10^7	6.602	1×10^7	6.93967	0.3

الجدول (11): التعداد العام للأحياء الدقيقة للسمك المدخن بخشب اللوز:

الزمن، t، (يوم)	نتيجة رقم 1،		نتيجة رقم 2،		نتيجة رقم 3،		المتوسط الحسابي	المتوسط الحسابيLog	الانحراف المعياري
	CFU/g	Log(1)	CFU/g	Log(2)	CFU/g	Log(3)			
0	2×10^2	2.301	2.2×10^2	2.342	1.8×10^2	2.255	2×10^2	2.29933	0.04
1	8.4×10^2	2.924	7.6×10^2	2.880	8×10^2	2.903	8×10^2	2.90233	0.02
2	7.6×10^2	2.880	7.4×10^2	2.869	9×10^2	2.954	8×10^2	2.901	0.05
3	0.5×10^3	2.698	0.7×10^3	2.845	1.8×10^3	3.255	1×10^3	2.93267	0.29
5	3.4×10^4	4.531	3.7×10^4	4.568	4.9×10^4	4.690	4×10^4	4.59633	0.08
7	3.6×10^5	5.556	4.9×10^5	5.690	3.5×10^5	5.544	4×10^5	5.59667	0.08
10	5.1×10^6	6.707	4.9×10^6	6.690	5×10^6	6.698	5×10^6	6.69833	0.01

الجدول (12): التعداد العام للأحياء الدقيقة للسمك المدخن بخشب التفاح :

الزمن، t (يوم)	نتيجة رقم 1،		نتيجة رقم 2،		نتيجة رقم 3،		المتوسط الحسابي	المتوسط الحسابي Log	الانحراف المعياري
	CFU/g	Log(1)	CFU/g	Log(2)	CFU/g	Log(3)			
0	2.7×10^3	3.431	3×10^3	3.477	3.3×10^3	3.518	3×10^3	3.47533	0.04
1	5.2×10^3	3.716	5.6×10^3	3.748	7.2×10^3	3.857	6×10^3	3.77367	0.12
2	8×10^3	3.903	7.9×10^3	3.897	8.1×10^3	3.908	8×10^3	3.90267	0.01
3	1.7×10^4	4.230	2.2×10^4	4.342	2.1×10^4	4.322	2×10^4	4.298	0.06
5	4.9×10^4	4.690	5.2×10^4	4.716	4.4×10^4	4.643	4.38×10^4	4.683	0.04
7	1.7×10^6	6.230	1.3×10^6	6.113	2×10^6	6.301	2×10^6	6.21467	0.09
10	4.3×10^8	8.633	4.7×10^8	8.672	5.1×10^8	8.707	4.7×10^8	8.67067	0.04

نلاحظ بشكل واضح انخفاض التعداد العام للأحياء الدقيقة بعد انتهاء عملية التدخين نتيجةً للتأثير المضاد للأكسدة للفينولات الناتجة عن الدخان والتي تعمل على خفض المحتوى الميكروبي، ونلاحظ ارتفاع التعداد العام بعد 3 أيام من التخزين إلى أن تتجاوز الحدّ المسموح به في اليوم العاشر.

- تحديد رقم البيروكسيد لعينات السمك:

الجدول (13): رقم البيروكسيد للسمك النّيء :

الزمن، t، (يوم)	نتيجة رقم 1، mg.eq O_2/kg	نتيجة رقم 2، mg.eq O_2/kg	نتيجة رقم 3، mg.eq O_2/kg	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري
0	3.82	3.77	3.81	3.80	0.03
1	3.80	3.81	3.79	3.80	0.01
2	3.91	3.90	3.93	3.91	0.02
3	4.30	4.27	4.28	4.28	0.02
5	5.98	6.00	5.97	5.98	0.02
7	6.42	6.50	6.30	6.41	0.1

نلاحظ من الجدول السابق زيادة رقم البيروكسيد للسمك النّيء أثناء عملية التخزين المبرَّد نتيجة لعمليّة التزّنخ الذي يتعرّض له السّمك وذلك لاحتوائه على أحماض دهنية غير مشبعة.

الجدول (14): رقم البيروكسيد للسمك المدخَّن باللوز :

الزمن، t، (يوم)	نتيجة رقم 1، mg.eq O_2/kg	نتيجة رقم 2، mg.eq O_2/kg	نتيجة رقم 3، mg.eq O_2/kg	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري
0	3.37	3.38	3.40	3.38	0.02
1	3.45	3.45	3.46	3.45	0.01
2	4.18	4.19	4.22	4.20	0.02
3	4.80	4.78	4.82	4.80	0.02
5	4.95	4.90	4.96	4.92	0.03
7	5.96	5.99	6.01	5.98	0.03
10	6.42	6.41	6.39	6.41	0.02

الجدول (15): رقم البيروكسيد للسمك المدخَّن بالتفاح :

الزمن، t، (يوم)	نتيجة رقم 1، mg.eq O_2/kg	نتيجة رقم 2، mg.eq O_2/kg	نتيجة رقم 3، mg.eq O_2/kg	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري
0	3.29	3.30	3.30	3.30	0.01
1	3.97	3.95	3.97	3.96	0.01
2	4.09	4.11	4.10	4.10	0.01
3	4.66	4.65	4.65	4.65	0.01
5	4.97	4.98	5.00	4.98	0.02
7	5.80	5.80	5.80	5.80	0
10	7.08	7.12	7.11	7.10	0.02

رقم البيروكسيد للسمك المدخَّن هو الأقل بسبب منتجات الدخان من مضادات الأكسدة والتي تؤخر عملية التزنخ وتطيل مدّة الحفظ.

المواصفات الحسية:

الجدول (16): المواصفات الحسية للسمك المدخن:

المواصفات الحسية	السمك المدخن بخشب التفاح	السمك المدخن بخشب اللوز
اللون	لون بني محمر	لون بني ذهبي
القوام	طري وجاف	طري وجاف
الطعم	طعم دخان واضح مع طعم حلو خفيف وحموضة	طعم دخان واضح وحموضة خفيفة
الرائحة	رائحة دخان مع رائحة سمك	رائحة دخان مع رائحة سمك
النكهة	نكهة خفيفة وحلاوة خفيفة	نكهة فاكهيّة معتدلة

مما سبق نجد أن التغيّرات الكيميائيّة التي حصلت للسمك المدخن بكلا النوعين من الخشب (محتوى الرطوبة، الحموضة الكليّة، pH، رقم البيروكسيد والتعداد العام للأحياء الدقيقة) تكون متشابهة إلى حدّ ما خلال أيام التخزين، مع وجود اختلاف بسيط في المواصفات الحسية بين السمك المدخن بخشب اللوز والمدخن بخشب التفاح من ناحية اللون والطعم الذي يكتسبه السمك بعد عملية التدخين.

الاستنتاجات:

- انخفاض رطوبة السمك النّيء أثناء التخزين المبرَّد نتيجةً لفقد الماء مع مرور الوقت.
- بقاء رطوبة السمك المدَّخن ثابتة أثناء التخزين، بسبب أنّ السمك المدَّخن أكثر ثباتاً للتغيّرات التي تحصل خلال فترة التخزين.
- ارتفاع رقم pH السمك النّيء أثناء التخزين المبرَّد بسبب حدوث تفاعلات مختلفة، وبسبب نشاط الأحياء الدقيقة.
- تغيّر رقم pH السمك المدَّخن خلال فترة التخزين بشكل طفيف، لأنّ السمك المدخَّن مستقر أثناء ذلك.
- ارتفاع الحموضة الكليّة للسمك المدخَّن قبل التخزين واستمرار ارتفاع الحموضة خلال فترة التخزين، بالمقارنة مع السمك النّيء، بسبب ترسّب الأحماض الناتجة عن الاحتراق على السمك.
- انخفاض التعداد العام للأحياء الدقيقة بعد انتهاء عملية التدخين، نتيجةً للتأثير المضاد للأكسدة للفينولات الناتجة عن عملية الاحتراق.
- انخفاض قيمة رقم البيروكسيد للسمك بعد تدخينه، بسبب منتجات الاحتراق الموجودة في الدخان، التي تتمتّع بتأثير مضاد للأكسدة.

التوصيات:

- الاستمرار في هذه الدراسة وتطويرها حتّى الوصول إلى إمكانيّة استخدام هذه الطرق من الحفظ لتخزين الأسماك على المستوى الإنتاجي.
- تجربة استخدام أنواع أخرى من الأسماك الموجودة في سورية مثل سمك البلاميدا وذلك لتحسين خصائصها و إطالة مدّة حفظها.
- تجربة استخدام أنواع أخرى من الأخشاب الموجودة في سورية في عملية التدخين مثل أخشاب أشجار الحمضيات.

○دراسة إمكانيّة إجراء عملية الحفظ بالتدخين على منتجات غذائية أخرى مثل لحوم الدواجن وأنواع الأجبان المختلفة.

المراجع المستخدمة:

- Adeyeye, S., A., O., & Oyewole, O., B., (2016). *An Overview of Traditional Fish Smoking In Africa*. Journal of Culinary Science & Technology, 14(3), 198-215.
- Dean, A., (1994).Chinnok Salmon. *Alaska Department of fish.* Retrieved August 16, 2007.
- Hilderbrand, K., S. (1991).*Smoking fish at home safely*. [Covallis, Or.]: *Oregon State University Extension Service.*
- Kjällstrand, J., & Peterson, G. (2001). *Phenolic antioxidants in alder smoke during industrial meat curing.* Food Chemistry, 74(1), 85-89.
- Rathod, N., & Pagarkar, A . (2013). *Biochemical and sensory quality changes of fish cutlets, made from pangasius fish (Pangasianodon Hypophthalmus),* During storage in refrigerated display unit at -15 to -18 °C. International Journal of food, 1-8.
- Varlet, V., Prost, C., &Serot, T. (2007). *Volatile aldehydes in smoked fish: Analysis methods, occurence and mechanisms of formation*. Food chemistry, 105(4), 1536-1556.
- Swastawati, F. (2013*). The Effect of Smoking duration on the Quality and DHA Composition of Milkfish (Chanoschanos F)*.Journal of Coastal Development, 7(3), 137-142.