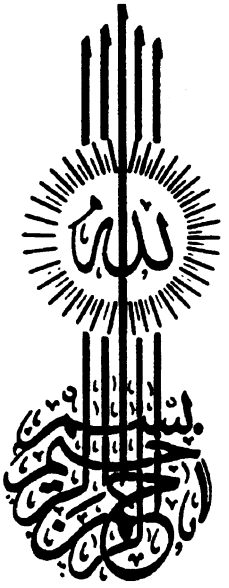
بسم الله الرحمن الرحيم

ميكروبيولوجيا الأغذية

تأليف

الدكتور إبراهيم بن سعد المهيزع

أستاذ بقسم علوم الأغذية والتغذية

كلية علوم الأغذية والزراعة – جامعة الملك سعود

ونائب الرئيس التنفيذي للهيئة العامة للغذاء والدواء

المملكة العربية السعودية

النشر العلمي والمطابع - جامعة الملك سعود

ص.ب ٦٨٩٥٣ - الرياض ١١٥٣٧ - المملكة العربية السعودية

ح جامعة الملك سعود، ١٤٣٢هـ (٢٠١١م)

الطبعة الأولى ١٤٢٧هـ

الطبعة الثانية ١٤٣٢هـ

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية للطباعة والنشر

المهيزع، إبراهيم بن سعد

ميكروبيولوجيا الأغذية. / إبراهيم بن سعد المهيزع.- الرياض، ١٤٣١هـ

٤٧٨ص؛ ١٧×٢٤سم

ردمك: ٥-٧٣٣-٥٥-٩٩٦٠-٩٧٨

١- الأغذية – ميكروبات ٢- الأحياء الدقيقة أ.العنوان

ديوي ٥٧٦,١٦٣٣ ١٤٣١/٩٩٢١

رقم الإيداع: ١٤٣١/٩٩٢١

ردمك: ٥-٧٣٣-٥٥-٩٩٦٠-٩٧٨

حكمت هذا الكتاب لجنة متخصصة شكلها المجلس العلمي بالجامعة، وقد وافق المجلس العلمي على نشره، بعد اطلاعه على تقارير المحكمين في اجتماعه الثامن عشر للعام الدراسي ١٤٢٥/١٤٢٦هـ المعقود بتاريخ ١٤٢٦/٤/٧هـ الموافق ١٥/ ٥/ ٢٠٠٥م. وقد وافق على إعادة طباعته في اجتماعه الثالث للعام الدراسي١٤٣١/١٤٣٢هـ المعقود بتاريخ ١٩/ ١١/ ١٤٣١هـ الموافق ١٧/ ١٠/ ٢٠١٠م.

النشر العلمي والمطابع ١٤٣٢هـ

مقدمة الطبعة الثانية

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على سيد الأولين والآخرين، أما بعد:

فهذه الطبعة الثانية من كتاب "**ميكروبيولوجيا الأغذية**" والتي تأتي على أثر نفاد الطبعة الأولى من مطابع جامعة الملك سعود، مع استمرار الحاجة له ككتاب متخصص لخدمة المتخصصين في مجالات علوم الأغذية والتغذية والصحة العامة. وقد حرصت على استبدال بعض الأشكال التوضيحية بأخرى تؤدي الغرض منها بطريقة أفضل وذلك ما اتفق فيه رأيي وزملائي الكرام أعضاء هيئة التدريس الذين أوصوا باستخدامه كمرجع دراسي. وبهذه المناسبة أتوجه لزملائي الكرام الأساتذة وأبنائي الطلاب الذين تتاح لهم قراءة هذا الكتاب أن يبلغوني مشكورين بأية استدراكات أو إضافات حتى يتم الأخذ بها في الطبعة القادمة بمشيئة الله.

والله أسأل أن يكون هذا الكتاب من العلم النافع الذي ننتفع به والعمل الصالح الخالص لوجه الكريم وأن ينفع به إنه سميع مجيب.

أ.د. إبراهيم بن سعد المهيزع
Isarm13@gmail.com
الرياض – غرة جماد أول ١٤٣٢هـ

مقدمة

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على سيد المرسلين وبعد،

يطيب لي أن أقدم هذا الكتاب الذي فرغت من تأليفه بعد أكثر من عشرين عاما قضيتها في تجميع مادته العلمية.

لقد بدأت فكرة هذا الكتاب تراودني منذ أن رجعت من البعثة أواخر عام ١٩٨١م وحيث بدأت في إلقاء محاضرات مادة ميكروبيولوجيا الأغذية على طلبة قسم علوم الأغذية معتمدا بعد الله على ما درسته هناك وعلى أمهات الكتب في هذا المجال، وأخذت أطورها سنة بعد سنة إلى أن شعرت أن هذا العمل وهو جهد المقل أصبح جاهزا لكي يظهر ككتاب متخصص لخدمة المتخصصين في مجالات علوم الأغذية والتغذية والصحة العامة من أبناء لغة الضاد.

يضم هذا الكتاب عشرين فصلا تعالج مختلف النواحي الميكروبيولوجية للأغذية، وعلاوة على ذلك اشتمل على مراجعة لبعض النواحي الميكروبيولوجية الأساسية، كما اشتمل على بعض المعلومات عن الأغذية التي ظننت أنها ضرورية لفهم الجانب التطبيقي لميكروبيولوجيا الأغذية ، ثمة حقيقة أخرى أود أن أشير إليها، وهي التوسع في بعض المواضيع للاعتقاد بأهميتها أو لأهميتها الخاصة بالنسبة للمملكة كاللحوم والدواجن والأسماك، ولقد حرصت على أن أضمن هذا الكتاب المفاهيم الأساسية لنظام الهاسب الذي يعول عليه للحد من حوادث التسمم الغذائي.

لقد حاولت جاهدا أن أضمن هذا الكتاب بعضا من نتائج الأبحاث التي نفذت محليا، وبعضا من الجوانب الميكروبيولوجية للمواصفات المعمول بها.

وعلى الرغم من الحرص الشديد على تحري دقة المعلومات التي جمعت في هذا الكتاب من مصادر شتى إلا أن هذا العمل يبقى عملا آدميا يعتريه النقص. فالكمال لله وحده، وعليه أتمنى من كل قلبي أن يمن علي الإخوة زملاء المهنة في وطننا العربي الكبير باستدراكاتهم وآرائهم التي ستكون بلا شك خير عون لي عند إعادة طبع هذا الكتاب.

أخيرا، من لا يشكر الناس لا يشكر الله، أجد نفسي مدينا للأستاذ يوسف إبراهيم الذي ساهم معي في تطوير الجانب العملي من مادة هذا الكتاب والشكر موصول للأستاذ محمد مجدي البحيري للمساهمة في إعداد الأشكال وفي مراجعة مادة الكتاب، وأخيرا وليس آخرا أذكر بالشكر الأستاذين أبوبكر الهادي ومحمد الأمين للمساهمة في صف وتنسيق مادة الكتاب. وختاما، الله أسأل أن يجعل هذا العمل خالصا لوجهه الكريم وأن ينفع به، إنه نعم المولى ونعم النصير.

المؤلف

تمهيد

لا يزال البحث عن الغذاء شغل الإنسان الشاغل منذ أن أوجده الله على الأرض، فلا يهنأ له بال حتى يؤمن احتياجاته الضرورية من الطعام والشراب لينصرف بعد ذلك إلى أمور أخرى. ولأهمية الغذاء في حياة الإنسان، ظل يعنى به ويلاحظ ما قد يطرأ عليه من فساد أو تحول أو ما قد يسببه من تسمم وعدوى وموت أحيانا. ولم يكن قادرا على عمل شيء في كثير من الأحيان، وهو الأمر الذي جعله يوظف جزءا من وقته في البحث عن حلول لهذه المشكلات.

وتتطور معارف الإنسان وتتضافر جهوده ليدرك أن هناك عالما يطلق عليه "الأحياء الدقيقة" لايمكن رؤيتها إلا باستخدام وسيلة تكبير. ولا يعني صغرها صغر الدور الذي تقوم به، فهي وإن كانت صغيرة إلا أن الله قد أعطاها القدرة على التأثير في الغذاء. ويمكن أن نوجز آثار وجود الميكروبات في الغذاء على النحو التالي :

أولا : تقوم بدور حيوي في إنتاج الكثير من الأغذية من خلال ما يعرف بالتخمرات الغذائية، وقد لاحظ الإنسان القديم بفطرته أن الأغذية عندما تتحول إلى صور أخرى تصبح أكثر استساغة أو أكثر قابلية للحفظ، والخبز أحد الأمثلة على ذلك ؛ فمنذ آلاف السنين وظف الإنسان الخمائر في إنتاجه وكان يرى أثر ذلك من خلال الانتفاخ الذي يحدث في العجين، والقوام والنكهة المرغوبة مقارنة بالخبز غير المتخمر. ولكن لم يكن يرى عامل التخمير، إلى أن تعرف على هذا العالم المجهول

فوظف خبرته حينئذ في تطويع هذا المخلوق الضئيل لهذا الغرض بشتى الوسائل للحصول على أفضل المنتجات، قس على ذلك مختلف أنواع الأجبان والألبان المتخمرة من لبن (رائب) وروب (زبادي)، والمخللات وغيرها من المنتجات التقليدية، يضاف إليها ما طوره الإنسان من استخدامات حديثة مثل البروتين الميكروبي والأحماض الأمينية، ومختلف المواد المنكهة والمحفزة للنكهة، وفيتامينات وأحماض عضوية... إلخ.

ثانيا: تسبب فساد الغذاء وتجعله غير صالح للاستهلاك الآدمي، فالميكروبات كائنات حية لها متطلبات غذائية، تحتاجها للنمو والتكاثر وكمصدر للطاقة. ولاستيفاء هذه المتطلبات تعمل الميكروبات على تمثيل الغذاء، وكنتيجة لذلك تعمل على تحويل بعض مكونات الغذاء لإنتاج بعض المركبات الوسطية. هذه التحولات تقود في نهاية المطاف إلى تغيير في قوام الغذاء وطعمه ورائحته ولونه يختلف عن الحدود التي اعتاد عليها الإنسان، ومن ثم يصنفه على أنه فاسد. ومما زاد الأمر سوءًا أن الأغذية المعروفة بالحساسة أو سريعة التلف هي التي يحتاجها الإنسان أكثر من غيرها وهي التي تستحوذ على معظم ما ينفق على الغذاء.

ولعلنا ندرك معنى هذا إذا علمنا أن الإنسان يفقد حوالي ٢٥٪ من هذه الأغذية، ويؤدي ذلك إلى فقد نسبة من غذاء الإنسان الذي لايكاد يكفي حاجته، ويزيد بذلك الفجوة بين العرض والطلب على الغذاء.

ولذا يحاول الإنسان جاهدا التقليل من هذا الفاقد، تارة عن طريق اتباع قواعد صارمة تقلل من فرص التلوث، وآخر هذه المحاولات نظام الهاسب وقبلها الممارسات الصحية السليمة GMPs، وتارة بالحيلولة دون إتاحة الظروف الملائمه لنمو الميكروبات في الغذاء بالتبريد والتجفيف...إلخ.

ثالثا: تسبب الميكروبات مختلف أنواع العدوى والتسممات الغذائية للإنسان. ويقدر أحد المراكز المشهورة والمعنية برصد الأمراض في إحدى الدول الغربية أنه يوجد حوالي ٢٥٠ مسببا للمرض تنتقل عن طريق الأغذية، ويقدرفي بريطانيا أن من بين كل خمسة أشخاص يصاب واحد على الأقل بأحد أشكال التسمم والعدوى الغذائية، وفي أمريكا قدر أن حوالي ثلث الشعب الأمريكي يتعرض للتسمم الغذائي سنويا. وتقدر منظمة الصحة العالمية أن معظم وفيات الأطفال في إفريقيا تحدث بسبب الجفاف Dehydration الذي يصاب به الأطفال نتيجة شرب مياه ملوثة أو بدائل حليب الأم المحضر باستخدام هذه المياه حيث تستحوذ الميكروبات على النصيب الأكبر من بين مسببات التسمم الغذائي. ولهذا يبذل الإنسان جهدا لكسب المعركة ضد الميكروبات بإبعادها عن الغذاء أو إيقاف نموها ونشاطها أو التخلص منها. وكلما ازدادت معرفته بها، اعتقد أنه يصبح في وضع أكثر سيطرة عليها، ولكن يبدو أن المعركة لم تنته بالشكل الذي تمناه الإنسان بل إن الميكروبات وجدت لتبقى بجانبيها الإيجابي والسلبي. وكلما طور الإنسان أساليب جديدة تجاهها طورت قدرتها على المجابهة، ولهذا ظهرت سلالات جديدة ممرضة لم تكن كذلك من قبل، وازدادت إمراضية البعض منها، وظهرت سلالات تعيش في بيئات كانت محرمة على أسلافها. كالأغذية الشديدة الحموضة مثلا.

مماسبق، تتضح أهمية دراسة الأحياء الدقيقة في الأوساط الغذائية لاتقاء شرها أو لتسخيرها لصالح الإنسان. يزيد من هذه الأهمية تغير نمط الاستهلاك الغذائي، ودخول وجبات جديدة كالأغذية السريعة، وتغير أنماط الإعداد والطهو، وما لذلك من علاقة وثيقة بالنواحي الميكروبيولوجية. يضاف إلى ذلك أن الاختبارات

الميكروبيولوجية التي تجرى على الأغذية أصبحت من أهم المعايير التي تحدد جودة الأغذية وصلاحيتها على المستوى المحلي وفي التجارة الدولية، لاسيما ونحن في عصر يمكن أن يوصف بأنه عصر سلامة الغذاء، لما حظيت به من اهتمام على جميع المستويات محليا وإقليميا ودوليا إلى درجة أن الإنسان العادي أصبح في حيرة من أمره تجاه ما يمكن أن يأكل. وعندما يتعلق الأمر بسلامة الغذاء، تبرز الميكروبات كأحد أهم الأخطار التي تهدد سلامة الغذاء، وهو الأمر الذي يحتم أن تتكاتف جهود البشرية جمعاء للحد من أخطارها التي يذهب ضحيتها الملايين من الأبرياء سنوياً.

والله الموفق والهادي إلى سواء السبيل.

المحتويات

الصفحة

مقدمة الطبعة الثانية ..... هـ
مقدمة ..... ز
تمهيد ..... ط
الفصل الأول : وضع الميكروبات بالنسبة للكائنات الحية ١
الفصل الثاني : الفيروسات ٧
الفصل الثالث : مراجعة بعض خواص البكتيريا ١٣
الفصل الرابع : العوامل التي تؤثر في نمو الميكروبات ٢٩
الفصل الخامس : الأجناس البكتيرية المهمة في مجال الأغذية ٥٩
الفصل السادس : الأعفان ١١٥
الفصل السابع : الخمائر ١٣٥
الفصل الثامن : بعض المجاميع الميكروبية المهمة غذائيا ١٤٣
الفصل التاسع : مصادر التلوث الميكروبي للأغذية ١٥٣
الفصل العاشر : فساد الأغذية ١٧٣
الفصل الحادي عشر : طرائق حفظ الأغذية من الفساد الميكروبي ١٩١
الفصل الثاني عشر : ميكروبيولوجيا الحليب ٢٣٥
الفصل الثالث عشر : ميكروبيولوجيا اللحوم ومنتجاتها ٢٧٩

الفصل الرابع عشر: ميكروبيولوجيا البيض ٣٠٩
الفصل الخامس عشر: ميكروبيولوجيا الخضار والفواكه ٣١٥
الفصل السادس عشر: ميكروبيولوجيا الحبوب ومنتجاتها والأغذية
ذات المحتوى العالي من السكر ٣٣٥
الفصل السابع عشر: المعلبات ٣٤٣
الفصل الثامن عشر: ميكروبيولوجيا الماء ٣٥١
الفصل التاسع عشر: التسمم الغذائي ٣٦٥
الفصل العشرون: نظام تحليل المخاطر وتحديد النقاط الحرجة ٤٠٧
قائمة المراجع ٤٢٥
ثبت المصطلحات العلمية ٤٣١
كشاف الموضوعات ٤٦٧
فهرس الأشكال ٤٨١

فهرس الأشكال

الصفحة

الشكل رقم (١). بعض أشكال البكتيريا الشائعة في الأغذية..... ١٤

الشكل رقم (٢). الحجم النسبي لبعض خلايا الكائنات الحية..... ١٥

الشكل رقم (٣). أطوار النمو في البكتيريا..... ٢٢

الشكل رقم (٤). مخطط يبين مراحل تكوين الجراثيم البكتيرية من الخلايا الخضرية..... ٢٥

الشكل رقم (٥). موضع الجراثيم داخل الخلية البكتيرية..... ٢٨

الشكل رقم (٦). رسم تخطيطي مبسط يوضح مسار تمثيل اللاكتوز (مرحلة ال Glycolysis)..... ٣٤

الشكل رقم (٧). منحنى يوضح نطاقات درجة الحرارة للميكروبات المختلفة..... ٤٦

الشكل رقم (٨). منحنيات نموافتراضية توضح درجات الحرارة الدنيا والمثلى والقصوى للنمو لميكروبات مختلفة..... ٤٦

الشكل رقم (٩). تطور عدد الميكروبات المتحملة للبرودة أثناء التخزين المبرد..... ٤٩

الشكل رقم (١٠). رسم افتراضي لشكل الخلايا البكتيرية داخل أوساط ملحية مختلفة الضغط الأزموزي..... ٥٥

الشكل رقم (١١). أشكال الخلايا والتجمعات في المكورات العنقودية..... ٨٥
الشكل رقم (١٢). مستعمرات المكورات العنقودية الذهبية على بيئة بيرد - باركر..... ٨٧
الشكل رقم (١٣). أشكال الخلايا والتجمعات في جنس ستربتوكوكس..... ٨٩
الشكل رقم (١٤). مستعمرات باسلس سيريوس على بيئة انتقائية (أكسويد)..... ٩٩
الشكل رقم (١٥). معلبات فاسدة بسبب سوء تقدير المعاملة الحرارية..... ١٠١
الشكل رقم (١٦). بعض المستحضرات التي تحتوي على خلايا بكتيريا حمض اللبن..... ١٠٦
الشكل رقم (١٧). العيون في الجبن السويسري (إمنثال)..... ١١١
الشكل رقم (١٨). الجراثيم اللاجنسية في الأعفان..... ١١٨
الشكل رقم (١٩). رسم تقريبي يوضح خلية القدم في جنس أسبرجلس..... ١١٩
الشكل رقم (٢٠). أشباه الجذور والهيفات البينية في جنس رايزوبس..... ١١٩
الشكل رقم(٢١). عفن الميوكر كمايشاهد تحت المجهر..... ١٢١
الشكل رقم (٢٢). الحامل الجرثومي في عفن أبسيديا..... ١٢٢
الشكل رقم(٢٣). مستعمرة عفن أسبرجلس..... ١٢٥
الشكل رقم(٢٤). الحامل الجرثومي والجراثيم الكونيدية في عفن البنسيليوم. ١٢٦
الشكل رقم(٢٥). الجبن ذو العروق الزرقاء (الركفور) وتظهر به خيوط العفن Penicilleum roqueforti..... ١٢٧
الشكل رقم(٢٦). طماطم تظهر عليها آثار العفن..... ١٣٠
الشكل رقم(٢٧). عفن ألترناريا..... ١٣٣

الشكل رقم (٢٨). بعض أشكال الخمائر..... ١٣٥
الشكل رقم (٢٩). مستحضر تجاري خميرة الخباز على هيئة جافة..... ١٣٩
الشكل رقم (٣٠). جهاز يستخدم لأخذ عينة من الهواء للفحص
الميكروبيولوجي..... ١٦٠
الشكل رقم (٣١). الإنسان يشكل مصدرا خطرا للتلوث في غياب النظافة. ١٦٥
الشكل رقم(٣٢). غسل الأيدي يقلل من فرص التلوث..... ١٦٧
الشكل رقم(٣٣). الأسطح المختلفة الملامسة للغذاء تشكل مصدرا مهما
للتلوث..... ١٧١
الشكل رقم (٣٤). آثار التدهور الفسيولوجي على التفاح..... ١٧٧
الشكل رقم (٣٥). عنب طازج سريع التلف وآخر مقاوم للتلف..... ١٨١
الشكل رقم (٣٦). علبة يبدو بها آثار التنفيس ١٨٢
الشكل رقم (٣٧). أغذية تالفة وقد ظهرت عليها بعض الألوان بسبب نمو
الميكروبات المختلفة عليها..... ١٨٩
الشكل رقم (٣٨). أغذية مبردة في أحد محلات التموينات..... ١٩٤
الشكل رقم (٣٩). دجاج محفوظ بالتجميد(- ١٨ °م)..... ١٩٦
الشكل رقم (٤٠). منحنى الأحياء الذي يربط العلاقة بين عدد الأحياء
وزمن التسخين. ٢٠٢
الشكل رقم (٤١). منحنى زمن الإبادة الحراري Thermal Death Time
Curve..... ٢٠٣
الشكل رقم (٤٢). حليب خلفات(إبل) مبستر ٢٠٧
الشكل رقم (٤٣). نوعان من الخبز ، وقد ظهر عليهما نمو العفن..... ٢٠٩
الشكل رقم (٤٤). حمض سوربيك وقد أضيف لحفظ الجبن من الأعفان... ٢١٠

الشكل رقم (٤٥). نطاق الأشعة الكهرومغناطيسية..... ٢١١
الشكل رقم (٤٦). بعض مرافق معمل تشعيع أغذية..... ٢١٥
الشكل رقم (٤٧). العلامة المميزة للأغذية المشعة..... ٢٢١
الشكل رقم (٤٨). تأثير معاملة البصل بالإشعاع..... ٢٢٢
الشكل رقم (٤٩). تأثير معاملة الفراولة بالإشعاع..... ٢٢٣
الشكل رقم(٥٠). علبة حليب كرتونية وقد ظهر عليها الانتفاخ بسبب إنتاج الغاز..... ٢٤٣
الشكل رقم (٥١). ضبط درجة الحرارة والزمن من النقاط الحرجة..... ٢٥١
الشكل رقم (٥٢). حليب معامل بالحرارة فائقة الإرتفاع (طويل الأجل).... ٢٥٩
الشكل رقم (٥٣). حليب معقم..... ٢٦٠
الشكل رقم (٥٤). اللبن، منتج متخمر شائع في المملكة..... ٢٦٦
الشكل رقم (٥٥). الآيسكريم من سيارات البيع المتنقلة، يمكن أن يكون غير مأمون..... ٢٧١
الشكل رقم (٥٦). تلف الجبن بالعفن..... ٢٧٤
الشكل رقم (٥٧). بعض المواد الحافظة التي تضاف للجبن..... ٢٧٧
الشكل رقم (٥٨). لحوم مبردة..... ٢٨٩
الشكل رقم (٥٩).منحنى يوضح تأثير الحرارة ومستوى التلوث على فترة الصلاحية. ٢٩٠
الشكل رقم (٦٠). عينة دجاج وقد ظهرت عليها أعراض الفساد..... ٢٩٧
الشكل رقم (٦١). بعض مظاهر الفساد في الأسماك..... ٣٠٥
الشكل رقم (٦٢). رسم تخطيطي يوضح مكونات البيضة..... ٣١٢

الشكل رقم (٦٣). أعراض التدهور الفسيولوجي كما تظهر على بعض الثمار..... ٣١٨
الشكل رقم (٦٤). التعفن الطري في الشمام..... ٣٢١
الشكل رقم (٦٥). نمو عفن البنسليوم على الموالح مصحوبا بلين القوام، وقد بدا لون الجراثيم الكونيدية..... ٣٢٣
الشكل رقم (٦٦). العفن البني في التفاح..... ٣٢٤
الشكل رقم (٦٧). منحنى يوضح الطلب على الكلور، والكلور المتاح..... ٣٦١
الشكل رقم (٦٨). ماء معبأ معالج بالأوزون لتعقيمه..... ٣٦٢
الشكل رقم (٦٩). حوادث وحالات التسمم الغذائي المسجلة في المملكة في الفترة من ١٤٠٩- ١٤٢٢..... ٣٦٦
الشكل رقم(٧٠). يوضح مسببات الأمراض التي ينقلها الغذاء ونسب حدوثها..... ٢٦٨
الشكل رقم (٧١). سلسلة التسمم الغذائي وحلقاتها الضعيفة..... ٣٧٠
الشكل رقم (٧٢). رسم تخطيطي لمقياس حرارة (ثرمومتر) يوضح نطاق الخطر..... ٣٩٧
الشكل رقم (٧٣). مكسرات ملوثة بالعفن فيحتمل تلوثها بالأفلاتوكسين... ٤٠٢
الشكل رقم (٧٤). رسم تخطيطي يوضح خطوات إعداد شاورما الدجاج.... ٤١٣