المعاملات والتقنيات الحديثة والمتطورة في حفظ الاغذية وسلامة جودتها

Modern and advanced processes and technologies in food preservation and quality safety

إعداد

أنفال علوان عبد النبي التميمي
Anfal Alwan Al-Temimi
سوسن علي حميد الحلفي
Sawsan A. Al-Hilifi
قسم علوم الأغذية، كلية الزراعة، جامعة البصرة، العراق

Doi: 10.21608/asajs.2024.336258

استلام البحث : ١٤ / ١٠ /٢٠٢٣

قبول النشـر : ٢٨ / ١٠ / ٢٠٢٣

التميمي، أنفال علوان عبد النبي و الحلفي، سوسن علي حميد (٢٠٢٤). المعاملات والتقنيات الحديثة والمتطورة في حفظ الاغذية وسلامة جودتها. ***المجلة العربية للعلوم الزراعية***، المؤسسة العربية للتربية والعلوم والآداب، مصر، ٧(٢١) يناير، ١- ٢٢.

http://asajs.journals.ekb.eg

المعاملات والتقنيات الحديثة والمتطورة في حفظ الاغذية وسلامة جودتها

المستخلص:

لقد مارس البشر حفظ الطعام منذ آلاف السنين من خلال التخمير والتمليح والتجفيف وتطوره صناعة الأغذية والعمليات التصنيعية مثل التعليب والتجميد والغليان والبسترة والتعقيم للتحكم في السلامة الميكروبية والعمر الإنزيمي للمواد الغذائية. أجل تخزين المواد الغذائية لفترة أطول دون تلف، ومن المهم الحفاظ عليها بشكل سليم. ومع ذلك المواد الحافظة يجب ألا تكون سامة للإنسان ولا تغير من خواص وصفات المادة الغذائية. ومع ذلك، غالبا ما يأتي هذا على حساب سمات الجودة الغذائية والحسية، وبالتالي، يستمر تطوير تقنيات تصنيع الأغذية الجديدة لتلبية الطلب المتزايد على المنتجات الغذائية الصحية والصديقة للبيئة. وعلى النقيض من المعالجة الحرارية، تستفيد هذه التقنيات الجديدة من الحرارة لقتل الكائنات الحية الدقيقة، وتجنب تزنخ الدهون. ويجب مراعاة الحفاظ على القيمة الغذائية والملمس ونكهة المواد الغذائية وذلك باستخدام الضغط العالي، المجالات الكهربائية أو لتسخين الاومي أو بالنبضات الكهربائية عالية او الأشعة فوق البنفسجية. لا تزال آليات التعطيل الأساسية والكفاءات والقيود المفروضة على هذه التقنيات قيد البحث حاليًا والتي سيتم تسليط الضوء عليها في هذه الورقة.

Abstract

Humans have practiced food preservation for thousands of years through fermentation, salting, and drying. The food industry has brought in processes such as canning, freezing, boiling, pasteurization and sterilization to control the microbial integrity and enzymatic aging of foodstuffs. In order to store food for a longer period without spoilage, it is important to preserve it properly. However, the preservative must not be toxic to humans. However, this often comes at the expense of nutritional quality and sensory attributes, and therefore, new food processing technologies continue to be developed to meet the growing demand for healthy and environmentally friendly food products. In contrast to heat treatment, these new techniques make use of heat to kill microorganisms and avoid rancidity of fats. Care must be taken to preserve the nutritional value, texture, and flavor of foodstuffs by using high pressure,

ISSN: 2537-0804 eISSN: 2537- 0855

electric fields, ohmic heating, high electrical pulses, or ultraviolet radiation. The underlying inactivation mechanisms, efficiencies and limitations of these techniques are currently still under research and will be highlighted in this paper.

المقدمة Introduction

تعتمد الطرق المستعملة لحفظ الاغذية على اتباع الوسائل التي تثبط او توقف نشاط العوامل التي تؤدي الى فساد الأغذية مثل الأحياء الدقيقة والانزيمات والاوكسجين دون ان تؤثر هذه الوسائل في الاغذية نفسها تأثيراً سلبيا يقلل من قيمتها الغذائية وطرق الحفظ اما ان تؤدي الى حفظ دائم للغذاء اوالى حفظ مؤقت والهدف من الحفظ هو توفير الغذاء على مدى العام اي في اوقات لا تناسب انتاجه او توفيره في اماكن لا تنتجه او توفيره كمادة خام يعاد تصنيعه فيما بعد الى منتجات أخرى . (الحكيم وحسن ، ١٩٨٥). يعرف فساد الاغذية بأنه التغيير الذي يطرأ على الخواص الحسية و التغذوية ويعزى الفساد الى عوامل حيوية او كيميائية او ميكانيكية ولسوء الحظ ان معظم الاغذية ذات القيمة الغذائية العالية سريعة الفساد مما يستلزم حفظها حرصا على صحة الانسان وتوفيراً لاحتياجاته الغذائية اليومية ولقد ساعدت تقنيات الحفظ المختلفة على اطالة فترة حفظ المواد الغذائية و توفرها على مدار السنة ومن طرق حفظ الاغذية المؤقتة وتشمل التبريد والبسترة والتمليح والتدخين والتخليل واستخدام المضادات الحيوية والتركيز . ومن طرق الحفظ طويلة الامد تشمل التجميد ، التعليب ، التجفيف والتعقيم . يعد الغذاء الاحتياج الاول للإنسان وتستخدم التقنيات الحديثة لتطوير وضمان سلامته . تمثل التقنيات غير التقليدية مثل المايكرويف مجالاً جديداً في معاملة الاغذية والغرض منها هو تثبيط الكائنات الحية الدقيقة المسببة لفساد الاغذية وأن هذه التقنيات تختلف عن التقليدية بأنها تحافظ على القيمة الغذائية واللون والملمس والمظهر العام والحفاظ على خصائصها(Singh *et al*.,2023 Traffano.schiffo *et al*.,2017;). ومن هذه الطرق المعالجة بالضغط العالي High pressure processing(HPP) وهي من التقنيات الحديثة التي تعالج العديد من مشاكل حفظ الغذاء التقليدية وامكانية اطالة العمر الخزني . استعملت طريقة HPP على نطاق واسع في تجهيز اللحوم والالبان والمأكولات البحرية والفواكه والخضروات والمشروبات المختلفة حيث لاقت هذه المعاملة اجتياحا واسعا فيما بعد ، مما يمثل مصدرًا مستقرًا وآمنًا نسبيًا للعناصر الغذائية والفيتامينات والمعادن يمكن أن تلعب هذه المكونات دورًا مهمًا كأداة وقائية ضد ظهور الأمراض خاصة عند كبار السن (Houška *et al*.,2022; Nath *et*

ISSN: 2537-0804 eISSN: 2537- 0855

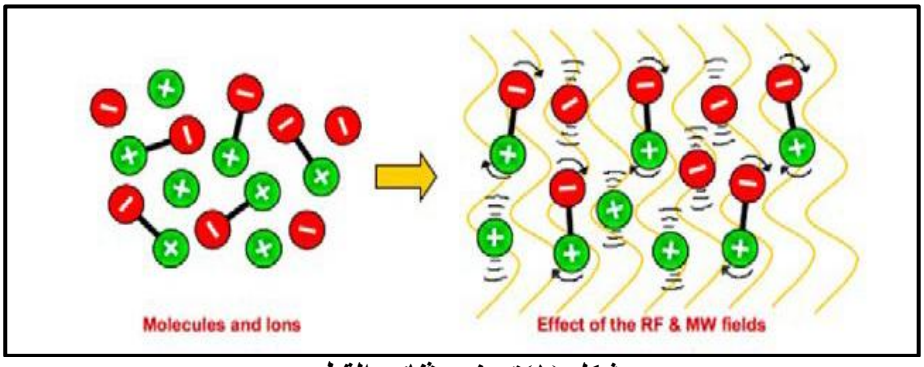
al.,2023). تعد النبضات الكهربائية العالية القوى واحدة من الطرق الحديثة المستعملة في معاملة الأغذية حيث تكون درجات حرارة محيطة بالمادة وبالتالي تحسن من سلامة الاغذية وتحافظ على جودة المنتج وعلى الفيتامينات والمعادن والنكهات ، وهي احدى التقنيات غير الحرارية التي تصل إلى مستويات عالية في معالجة الأغذية والتكنولوجيا لا يقتصر تطبيق PEF على تعطيل الكائنات الحية الدقيقة واستخلاص المكونات النشطة فحسب، بل إنه يساعد أيضًا في تعزيز التفاعلات الكيميائية (Chhikara *et al*.,2023 ; Morris, *et al*.,2007). ومن الضروري ان تعتمد صناعة الاغذية على تكنولوجيا متقدمة من اجل تحسين نوعية الاغذية وصفاتها الحسيه وسلامة المنتجات الغذائية وان نظام التسخين الأومي من طرق المعالجة الحرارية المتقدمة وهي تكنولوجيا حرارية تعتمد على طريقة تسخين مباشر مما يؤدي إلى توليد حرارة داخلية سريعة وموحدة، لإطالة مدة صلاحية عدد من المنتجات الغذائية من خلال قتل الكائنات الحية المسببة لتلف الاغذية وتستخدم للعديد من المنتجات الغذائية منها الفواكه والخضار ومنتجات الحليب واللحوم وغيرها (Doan *et al*.,2022 ; Deepika, *et al*.,2016) ومن الطرق المستخدمة ايضاً المايكرويف حيث استخدم خلال السنوات الاخيرة بكثرة لما له من اهمية في تحضير الطعام وتسخينه بسرعة فضلاً عن توفير الطاقة المستخدمة في الافران التقليدية وهي وسيلة سريعة تلائم متطلبات الحياة العصرية (Woo, *et al*.,2000).

١- طرق الحفظ باستخدام المعاملات الحديثة المايكرويف Microwave oven

اجريت عملية الطهي باستخدام اشعة المايكرويف خلال السنوات الاخيرة بكثرة لما لها من اهمية في تحضير الطعام وتسخينه بسرعة فضلاً عن توفير الطاقة المستخدمة في الافران التقليدية التي تحتاج الى زمن طويل مقارنة بالمايكرويف كما جاءت هذه التقنية وسيلة سريعة تتماشى مع متطلبات الحياة العصرية تلبية لحاجة المستهلك في الحصول وجبة سريعة في طريق التحضير والتسخين من جهة اخرى (Bakshi *et al*.,2023 ; Tajchakavit *et al*., 1998). تُستخدم الموجات الكهرومغناطيسية بشكل متكرر في معالجة الأغذية باستخدام أفران الميكروويف تسبب الموجات الدقيقة الحركة الجزيئية عن طريق هجرة الجزيئات الأيونية أو دوران الجزيئات ثنائية القطب. وبالنظر إلى التطبيقات المحتملة لتقنية الميكروويف في صناعة الأغذية، يتبين أن أفران الميكروويف لها العديد من المزايا مثل توفير الوقت، وتحسين جودة المنتج النهائي ، وتوليد الحرارة بسرعة (Kutlu *et al*.,2022). عملية التسخين بالمايكرويف هي ببساطة عملية تسخين عن طريق

ISSN: 2537-0804 eISSN: 2537- 0855

الاشعاع وهي مشابه لعملية التسخين بالأشعة تحت الحمراء حيث تنقل الحرارة عن طريق الاشعاع وليس عن طريق الحمل او التوصيل بيد ان الفرق الرئيسي بين التسخين بالمايكرويف والتسخين بالأشعة تحت الحمراء هو ان الاشعة تحت الحمراء ذات نفاذية محدودة جدا الى الجزء الداخلي من سطح المادة اما في حالة المايكرويف فأن الاشعة تنفذ في مجمل حجم المادة وتتشتت داخلها حيث يتم الحصول على تسخين منتظم. بيد ان نفاذية موجات المايكرويف لها حدود قصوى كذلك يجب اخذ ذلك في الاعتبار على مستوى الصناعة. أن الغذاء الذي يحتوي على نسبة ماء يمكن تسخينه بواسطة المايكرويف بينما تظل الاوعية الزجاجية والبلاستيكية باردة، يجب اخذ السعة الحرارية CP في الاعتبار لأنها تحدد التأثير الحراري فبعض مكونات الغذاء مثل الدهون لا تمتص طاقة المايكرويف بنفس الكفاءة التي يمتص بها الماء لان سعتها الحرارية أقل من الماء ورغم ان سعتها الحرارية أقل ولكن معدل تسخينها أسرع . يتراوح تردد ان الموجات الكهرومغناطيسية بين MHZ ٣٠٠ الى ٣٠٠GHZ تعمل اجهزة المايكرويف المحلية بشكل عام بتردد 2.45 ميكا هيرتز بينما تعمل انظمة الموجات الصغرى الصناعية بترددات 915 ميكا هيرتز و2.45 جيما هيرتز ; Guzik *et al*.,2022 ; Abdul-Hay,2023 ;(Datta and Anantheswaran ,2000).



شكل (١)تسخين ثنائي القطب

تطبيقات المايكرويف

اذابة الاغذية المجمدة Temering , الطبخ cooking, التبييض Blanching, التجفيف Drying, البسترة والتعقيم pasteurization and sterilization

ISSN: 2537-0804 eISSN: 2537- 0855

جدول (١) القيم الغذائية لبعض المنتجات الغذائية المعاملة بالمايكروويف وطرق الطبخ التقليدية

المعاملة	المواد الغذائية	الطريقة	Parameter (المغذيات)	الكميات
الطبخ	بزاليا خضراء	ماء مغلي (100C for 12 min)	β –Carotene retention (%)	١٠١.٣
		السلق بالميكروويف (domestic 700 W,2450 MHz,6.5 min)		١٠٢.٣
	الرز	السلق بالمايمروويف (domestic 700W,2450MHz, 6.5min)	بروتين , و دهن,والرطوبة%	6.83± 0.22, 2.12±0.18 and 1.37±0.03
		الطبخ بالمايكروويف (Heated for 25 min and simmered for 5 min)	بروتين , و دهن, و الرطوبة%	8.49±1.26 , 2.45±0.09 and 1.42±0.01
		التبخير (cooked for 30min)	%بروتين , و دهن, و الرطوبة	8.08±0.28 , 2.42±0.04 and 2.11±0.29
	حمص	الغليان (100ºC for 90min)	نياسين , التانين , الرايبوفلافين Pyridoxine (%)،	48.46, 33.82, 4.33 and 57.19
		الطبخ بالمايكروويف (2450MHz , for 15 min)	، نياسين , التانين , الرايبوفلافين Pyridoxine (%)	58.46, 42.35, 13.94 and 80.42
		الطبخ بالاوتوكليف (121ºC at 15 lb for 35 min)	، نياسين , التانين , الرايبوفلافين Pyridoxine (%)	52.12, 35.51 ,5.14 and 65.69
	حمص	الطبخ , النقع) الطبخ التقليدي على طبق for 90min)	(%) الياف و رطوبة و دهن	5.17±0.75, 3.11±0.28 and 2.59±0.12
		الطبخ بالمايكروويف (2450 MHz with power 10 for 5 min)	(%) الياف و رطوبة و دهن	5.12±1.78, 3.07±0.22 and 2.81 ±0.14
		الطبخ التقليدي	المعادن الرئيسية (K, Ca, Na and Mg)	298.27, 109.20, 100.40 and 145.31

ISSN: 2537-0804 eISSN: 2537- 0855

المعاملة	المواد الغذائية	الطريقة	Parameter (المغذيات)	الكميات
			المعادن الثقيلة البسيطة (Cu, Fe and Zn) (mg/100g)	0.64, 5.96 and 2.97
		الطبخ بالمايكرويف	المعادن الرئيسية (K, Ca, Na and Mg)	377.85, 114.58, 103.21 and 151.31
			المعادن الثقيلة البسيطة (Cu, Fe and Zn) (mg/100g)	0.82, 6.38 and 3.45
	فلفل طازج	(الغليان) الطبخ (100ºC on a hot pot for 6 min)	المعادن (g/100g)	0.35
		الطبخ بالمايكرويف (450 to 850W for 3 min)		0.43
	الفلفل المجمد	(الغليان) الطبخ (on a hot pot for 12 min)	المعادن (g/100g)	0.22
		الطبخ بالمايكرويف (450 to 850W for 3 min)		0.38

جدول(٢)الخصائص الفيزيائية لبعض انواع الخبز المعاملة بالميكروويف الافران التقليدية

المعاملة	المواد الغذائية	الطريقة	Parameter(المغذيات)	الكميات
الخبز	بوند كيك	الخبز تقليدي بالفرن (commercial electric oven at 180ºC for 35 min)	الفقد ,(CM^3) الحجم بالوزن(g/100G)	88.4±5.5, 9.8±2.0
			الوزن ,(L) اللمعان (g)	82.8±0.3, 40.6±0.95
			الرطوبة (g/100g), النشاط المائي والكثافة (g/cm^3)	36.2±0.3, 0.93±0.005 and 0.46±0.02
		الخبز بالمايكرويف بدورة مزدوجة (2450 MHz, with 1000W) and(10power levels)	الوزن (g) ,الحجم(cm^3)	98.3±6.2 and 19.3±1.0
			الوزن ,(L) اللمعان (g)	84.5±0.4 and 36.3±0.42
			الرطوبة (g/100g), النشاط المائي والكثافة	21.3±0.67, 087±0.004 and

ISSN: 2537-0804 eISSN: 2537- 0855

المعاملة	المواد الغذائية	الطريقة	(المغذيات)Parameter	الكميات
			(g/cm^3)	0.37±0.02
	كيك Medeira	الحمل الحراري –الخبز في (200±1ºC)	المرونة (%), الصلابة(N)	42.7, 3.21
			محتوى الرطوبة (kg/kg_{db})	0.315
		الخبز بالمايكرويف (domestic microwave at 2450MHz with power 100 to 900 W)	المرونة (%), الصلابة(N)	46.7, 2.52
			محتوى الرطوبة (kg/kg_{db})	0.329
	خبز	الخبز بالحمل الحراري، التسخين (175, 200 and 225ºC for 12,13 and 14min) لدرجات حرارة محددة	فقدان الوزن محدد%	4.06, 1.60
			الحجم (ml/g)	
			اللون ,(N) الصلابة التغير(ΔE)	067, 47.7
		الخبز بالمايكرويف (50% power for 2 min and 100% power for 1 min)	الفقد بالوزن محدد%	10.80, 2.04
			الحجم (ml/g)	
			اللون,(N) الصلابة التغير(ΔE)	2.88, 3.0

سلبيات استخدام المايكرويف

١- يكون توزيع الحرارة غير موحد اثناء تسخين المواد الغذائية فيه حسب شكل وحجم المادة وتكون المنطقة المركزية للمادة ساخنة أكثر من المناطق الأخرى.

٢- على الرغم من ان المايكرويف له تطبيق واسع ويستخدم في مختلف العمليات الا انه يحتاج الى ابحاث مهمة تهدف الى تحسين في بعض المجالات (S.chandra sekaran *et al.*,2013).

الايجابيات

١- الحفاظ على الطعم واللون والجودة والقيمة الغذائية مقارنة مع طرق الطبخ التقليدية

٢- البسترة بالمايكرويف أكثر فعالية في تثبيط الاحياء المجهرية او تثبيط الانزيمات بسبب التأثيرات الحرارية.

٣- التجفيف بالمايكرويف مع استخدام طرق التجفيف الاخرى مثل التجميد او بالأشعة تحت الحمراء معاً يكون أفضل مقارنة مع استخدام المايكرويف وحدة (Chandrasekaran *et al.*,2013).

ISSN: 2537-0804 eISSN: 2537- 0855

٣- التصنيع الغذائي بالضغط الهيدروستاتيكي (العالي) High Pressure Processing(HPP)

ازداد الاهتمام في الآونة الاخيرة بتقنيات الجديدة لإنتاج الاغذية ومنها اخضاع الغذاء الى الضغط الهيدروستاتيكي مرتفع حوالي 100الى 1000 ميكا باسكال لغرض القضاء على الكائنات المجهرية المسببة للفساد والممرضة كذلك تثبيط الانزيمات التي تسبب تغييرات غير مرغوب فيها واستخدمت هذه التقنية في مجال صناعة الاغذية على المستوى الصناعي بسبب تأثيره على الكائنات الدقيقة والانزيمات مما ادى الى انتاج مواد غذائية عالية الجودة (Barcenas *et al*.,2010) وان HPP هو عملية معالجة غير حرارية لها تأثير مفيد على جودة المادة ولها القدرة على تثبيط الكائنات الحية الدقيقة في انماط غذائية مختلفة وهذه الطريقة تملك القدرة على تحضير طعام يتميز بخصائص جديدة ووظائف محسنة (Akhmazillah *et al*.,2013 ; Koutsoumanis *et al*.,2022).

الاساس العلمي للضغط الهيدروستاتيكي على المادة الغذائية:

التصنيع بالضغط العالي او الضغط الهيدروستاتيكي هو تقنية غير حرارية حديثة نسبياً لبسترة وحفظ الاغذية بالضغط العالي من خلال تثبيط نشاط الكائنات المجهرية الممرضة والمسببة للفساد مع المحافظة القصوة على الخواص الحسية والتغذوية والجودة للمنتجات الغذائية المعالجة واطالة فترة صلاحيتها ، تعتبر إزالة السموم ومنع إنتاج السموم في المواد الغذائية أيضًا من الآثار الهامة لـ HPP فيما يتعلق بسلامة الأغذية ، كما تستخدم التقنية ضغطاً عالياً (٤٠٠-٦٠٠) ميكا باسكال او (٥٨٠٠٠-٨٧٠٠٠) رطل للوجوه المربعة عند درجات حرارة باردة او منخفضة في الحدود (٦-٤٥) مْ والزمن (٢-١٠) دقائق. ويتم المعاملة بالضغط الهيدروستاتيكي على المواد الغذائية حيث يتم ضغط المنتجات الغذائية بضغط موحد من كل اتجاه ثم تعود الى شكلها الاصلي (Ozkan *et al*.,2023 ; Olsson ,1995). تتضمن تقنية التصنيع بالضغط العالي باستخدام الماء عند مستوى عالي جداً من الضغط الذي يطبق على الغذاء المعبأ او المغلف على جميع جوانب العبوة بشكل متساوي لا يؤثر عليها .واذا كانت الرطوبة كافية في المنتج فأنه لن يحقق الضرر به عند استخدام الضغط العالي وبشكل موحد في جميع الاتجاهات(Grawford *et al*., 1996) .وان تأثير هذه الطريقة على الروابط ومنها التساهمية والايونية والهيدروجينية للبروتينات حيث يمكن فك الهياكل الثانوية والثالثية والرباعية بينما يضل الهيكل الاساسي ثابتاً (Dzwolak *et al*.,2002). ان التثبيط الميكروبي هو أحد الاهداف الرئيسية لتطبيق HPP ويتوقف مدى التثبيط الميكروبي الذي يتحقق من خلال المعالجة المناسبة ذات الضغط العالي وكذلك نوع وعدد الكائنات الدقيقة وحجم ومدة العلاج

ISSN: 2537-0804 eISSN: 2537- 0855

او المعـــاملة بالـــضغط العـــالي ودرجة الحرارة وتركيـــب المادة الغذائية (Muhammad Shahbaz *et al*.,2023 ;Anony mous ,2002).

الاغذية التي يمكن تصنيعها بالضغط الهيدروستاتيكي العالي وتشمل ما يأتي :-

الاغذية الصلبة على وجه الخصوص المعبأة والمغلفة تحت التفريغ ,منتجات اللحوم الجافة المعتقة او المطبوخة , الاجبان, الاسماك , الاغذية الجاهزة للأكل , الفواكه الطازجة المقطعة الجاهزة للأكل, الاغذية السائلة المعبأة في عبوات مرنة : منتجات الالبان ,عصائر الفاكهة, المركبات التغذوية الصحية.

الاغذية التي لا يمكن معالجتها بتقنية الضغط الهيدروستاتيكي العالي:-

الخبز ,الاغذية المعبأة في عبوات صلدة مثل العبوات الزجاجية والمعدنية, الاغـذية ذات المـحتوى الرطـــوبي المنخفض جداً مثل التوابل والفواكه المجففة

ايجابيات المعاملة بالضغط الهيدروستاتيكي :-

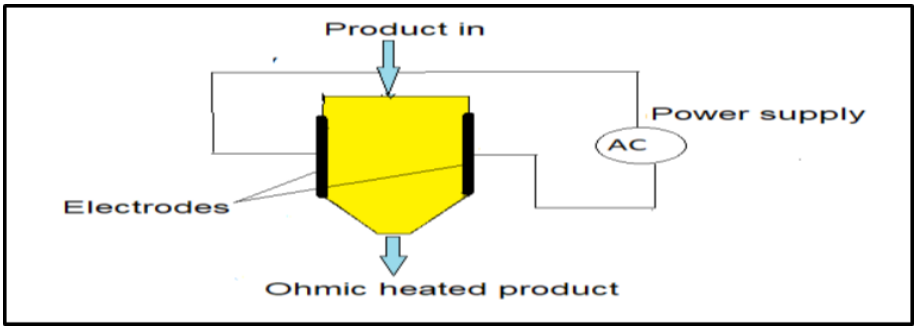
لا يعتمد على حجم الطعام وشكله, يعتمد على الوقت او الكتلة فهو يقوم بالعمل على اي كتلة ويقلل من الوقت, ممكن استخدام HPP في درجة حرارة الغرفة وبالتالي خفض الطاقة الحرارية المطلوبة للمواد الغذائية خلال المعالجة التقليدية, يتم المحافظة على الغذاء بشكل موحد في جميع انحاء العالم, هو مقبول بيئياً ولا يتطلب سوى طاقة كهربائية.

٣-استخدام التسخين الاومي Ohmic heating

هي طريقة بديلة للتسخين الحراري حيث انها تقوم بمعاملة المادة الغذائية بالتسخين مع توفير امكانية الاحتفاظ بالفيتامينات والمواد المغذية وقد حظيت تقنية التسخين الاومي خلال العقد الماضي بـــتطورات كبـــيرة خاصة في مجـــال النظم الصناعية المستمرة لتعقيم الاغذية منخفـضة الحامضـــية التي تـــحتوي علـــى مواد صـــلبة (مثل الحساء المحتوي على قطع لحم وخضار والوجبات المحتوية على قطع صلبة وتعبئتها تعبئة معقمة (Syamsuri,2023 and Bagher,2022). ففي حالة الاغذية التي تحتوي على قطع صلبة في سوائل لزجة فان الانتقال الحراري التقليدي يحدث بانتقال الحرارة من السائل الى سطح القطع الصلبة عن طريق الحمل ومن سطح القطع الصلبة الى داخلها عن طريق التوصيل وبالتالي فان الزمن اللازم لتعقيم مركز اكبر قطعة صلبة (ما يسمى بالنقطة الباردة) يؤدي الى تسخين اكثر من اللازم لمجمل المنتج الغذائي وفي المقابل فأن التسخين الاومي يعد تسخيناً حجمياً مما يساعد على تسخين الطورين السائل والصلب للغذاء في نفس الوقت كذلك يعتبر من الطرق التسخين عالية الحرارة وقصيرة الزمن HTST. حيث يمكنها تسخين منتج غذائي يحتوي ٨٠% مواد صلبة من درجة حرارة الغرفة الى ١٢٩مْ في حوالي ٩٠ ثانية مما يعمل على تخفيض التأثير السلبي على جودة المنتج الغذائي ، وبالتالي يمكن تسخين القطع الصلبة بمعدل اسرع من تسخينه للجزء السائل الحامل للقطع الصلبة

ISSN: 2537-0804 eISSN: 2537- 0855

مما يسمى بظاهرة عكس عملية التسخين Heating Invelsion وهي ظاهرة غير ممكنة في التسخين التقليدي بالتوصيل. (Ranesh,1999)



شكل (٣) مبدأ عمل التسخين الاومي

وان التسخين الاومي هو عملية حرارية تتولد فيها الحرارة داخلياً نتيجة لمرور تيار كهربائي متردد خلال منتج غذائي يعمل كمقاومة كهربائية ويطلق على التسخين الاومي بالتسخين المباشر للمقاومة. في الوقت الحاضر يقدم التسخين الأومي مجموعة واسعة من التطبيقات في تعطيل الكائنات الحية الدقيقة والبكتيريا المسببة للأمراض والإنزيمات وكذلك في السلق والتعقيم وتعزيز عمليات استخلاص العصير والزيت (da Silva Rocha *et al.*,2023 Kaur *et al.*,2023).

فوائد التسخين الاومي (الايجابيات)

١- امكانية تسخين المواد الغذائية تسخيناً حجمياً عن طريق التوليد الداخلي للحرارة.
٢- يمكن الحصول على درجات حرارة للقطع الصلبة مماثلة او اعلى من الجزء السائل ويعد ذلك غير ممكن في الطرق التقليدية.
٣- الحصول على كفاءة اعلى للطاقة نظراً لتحويل 90% من الطاقة الكهربائية الى حرارة.
٤- سهولة التحكم للعملية عن طريق التشغيل او الايقاف الخطي.

(Patel and Singh, 2004)

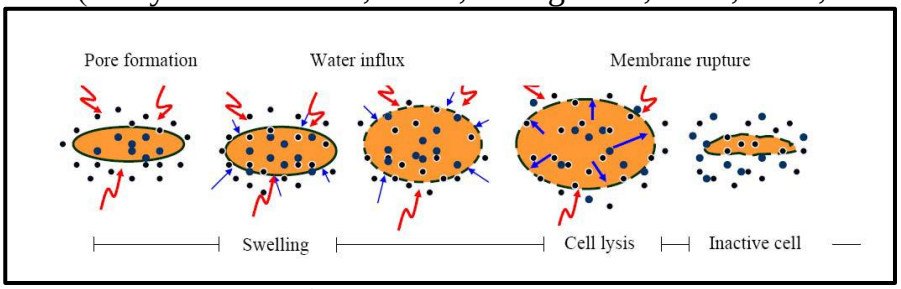
سلبيات التسخين الاومي

نقص المعلومات, يصعب مراقبة نظام التشغيل والتحكم به, زيادة التفاعلات الكيميائية الكهربائية وتأكل القطب بسبب الترددات الكهربائية المنخفضة. (Patel and Singh, 2004)

ISSN: 2537-0804 eISSN: 2537- 0855

٤-المعاملة بالنبضات الكهربائية عالية القوى Pulses Electric Field (PEF)

تعد المعاملة بالنبضات الكهربائية عالية القوى طريقة غير حرارية لحفظ الغذاء باستخدام حقل كهربائي عالي الجهد لقتل الكائنات الدقيقة المسببة للتلف في الاغذية ويحافظ على النكهة واللون والمذاق والقيمة الغذائية للأغذية مع تدمير الكائنات الحية الدقيقة وهو مفيد في معالجة الاغذية السائلة حيث يمكن ان يتدفق الطعام بين قطبين يتطلب طاقة كهربائية نبضية وغرف المعالجة وتنظيم درجة الحرارة لذلك فهو يتكون من مولد نبض عالي الجهد وغرفة معالجة ونظام معالجة السوائل حيث يتدفق المادة الغذائية عبر سلسلة من حجرات المعالجة ويتم تعريضه الى قوة المجال الكهربائي المطلوبة لفترة من الوقت (Yeom et al.,2002 ; Zhang et al.,2022 ; Nithya and Sudheer,2023).



شكل (٤) مراحل التثقيب الكهربائي في غشاء الخلية عن طريق التناضح. تظهر الأسهم الحمراء شدة المجال والنقاط الزرقاء هي جزيئات الماء

جدول (٥) التغيرات باستعمال المعاملة PEF

انواع الخلايا	عوامل المورفولوجية	عوامل النمو
بكتريا	مراحل الخلية	مرحلة النمو
فايروسات	قطر او حجم الخلية	تركيز الخلية
خميرة	لا يوجد تأثير	درجة الحموضة درجة الحرارة

الاساس العلمي للنبضات الكهربائية العالية

المبدأ الاساسي لتقنية PEF هو تطبيق ذبذبات قصيرة للحقول الكهربائية العالية لمدة تتراوح بين مايكرو ثانية وملي ثانية يتم حساب وقت المعاملة عن طريق ضرب عدد مرات النبضات مع مدة نبض الفعالة وتستند العملية على تيارات كهربائية نبضيه تسلط على المنتج حيث يوضع بين مجموعة من الاقطاب وتسمى المسافة بين الاقطاب فجوة المعالجة في غرفة PEF ينتج عنه مجال كهربائي يتسبب في تثبيط الميكروبات حيث يتم وضع المادة الغذائية داخل الحجرة في درجة حرارة

ISSN: 2537-0804 eISSN: 2537- 0855

الغرفة وان الغذاء قادر على نقل الكهرباء بسبب وجود العديد من الايونات واعطاء المادة الغذائية درجة معينة من التوصيل الكهربائي لذلك عند استخدام مجال كهربائي يتدفق التيار الكهربائي الى الطعام السائل وينتقل الى كل نقطة في السائل بسبب وجود الجزيئات المشحونة ، في طريقة المجال الكهربائي النبضي (PEF) يتم وضع مصادر نبضات الجهد العالي وسط قطبين كهربائيين في الأطعمة السائلة أو المعجونة يتم تمرير الكهرباء بين قطبين كهربائيين لتعقيم الطعام تستلزم جميع تقنيات PEF تقريبًا استخدام هذه التقنية في معالجة الحليب ومنتجات الألبان والبيض والدواجن والعصائر وغيرها من الأطعمة (Ghoshal,2023 ; Zhang *et al*.,1996). وتأثر المعاملة PEF على تقليل عدد الميكروبات بالغذاء من خلال قوة المجال الكهربائي وطول النبضة وعدد الذبذبات ودرجة الحرارة كل هذه العوامل تؤثر على تثبيط الكائنات الحية الدقيقة (Raso *et al*.,2000). وكذلك ان تثبيط الكائنات الحية الدقيقة يعتمد ايضاً على خصائص الميكروبات من نوع الكائنات والسلالات ويعتقد ان البكتريا الموجبة والسالبة لصبغة كرام أكثر مقاومة من الخمائر .وأن الية عمل PEF على تقليل العمل الميكروبي تنطوي على عدم استقرار الاغشية الميكروبية عن طريق استخدام المجال الكهربائي والضغط الكهروكيمياوي الذي يؤدي الى تشكيل مسام في الاغشية وبسبب المجال الكهربائي يتبع عنه الكهرباء وزيادة في تمزق الغشاء والنفاذية وممكن ان تؤدي النفاذية الى موت الخلية .

جدول رقم (٦) يوضح تجفيف بعض المواد الغذائية المعاملة بالنبضات الكهربائية عالية القوى

المواد الغذائية	نسبة اختزال وقت التجفيف	القوة الكهربائية kv/cm	الوقت مايكرو ثانية (μs)
الكيوي	% ١٣	٥	٤٨.٠٠٠
البطاطا	%٥٠	٠.٤	٥٠٠
التفاح	%٢٣	١	٣.٦٠٠
الجزر	%٨	١.٩	٣٥٠
الخيار	%٥٨	٢٢.٥	٧٠
الجزر	%١٢	٠.٦	٥.٠٠٠
القمح	%٥٢	٤	٥.٠٠٠
Youna Maize	%٦٥	٧	٥٠٠
الخميرة	%٢٩	٥	٥٠٠

ISSN: 2537-0804 eISSN: 2537- 0855

الايجابيات PEF

قتل الخلايا النباتية والبكتيريا المسببة تلف الأغذية, الحفاظ على الالوان والنكهات والمواد المغذية, وقت المعاملة قصير نسبياً وازالة التلوث من الاطعمة الحساسة للحرارة وخصوصاً للأغذية السائلة,لا يوجد خطر بيني. (Kumar *et al*.,2015)

السلبيات PEF

التكلفة العالية نسبياً ، لا تأثر على الانزيمات كتقنية لوحدها, هذه الطريقة مناسبة للأغذية السائلة وشبه السائلة فقط وقد تؤثر على الاغذية الصلبة عند استعمالها, وجود الفقاعات في الاغذية يؤدي الى معالجة غير موحدة, فضلا عن مشاكل تشغيله ومشاكل تتعلق بالسلامة, يجب ان يكون حجم الجسيمات للمادة السائلة أصغر من فجوة منطقة المعالجة في الغرفة من اجل الحفاظ على عملية معالجة سليمة. (Kumar *et al*.,2015).

ISSN: 2537-0804 eISSN: 2537- 0855

المصادر العربية

١- أبو يونس ،عهد و سليق، سمير و أبو غرة، صياح (٢٠١٤). تأثير اشعة الميكروويف في بكتيريا *E.coli* الموجودة في الحليب والجبن الابيض الطازج . مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية ، المجلد (٣٠) العدد ٤ ، الصفحات:١٨٩-١٩٦.

٢- المجذوب، اميمة والمفتي، ماوية (٢٠٠٥). دليل الصناعات الغذائية . المركز الوطني للبحث والارشاد الزراعي .المملكة الاردنية الهاشمية .

٣- الجساس ، فهد بن محمد (٢٠١١). مبادئ سلامة الاغذية. مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية .المملكة العربية السعودية.

٤- اعضاء هيئة التدريس بقسم علوم الاغذية (٢٠١٣). اساسيات علوم الاغذية ١٢٤ .مركز التعليم المفتوح /كلية الزراعة /الانتاج الزراعي للتصدير.

٥- الحكيم ، صادق حسن و حسن ،عبد علي مهدي (١٩٨٥) . تصنيع الأغذية (الجزء الأول) مطبعة جامعة بغداد ، ٤٩٨ ص.

المصادر الاجنبية

1. Abdel-Hay, M. M. (2023). Principles of microwave heating for the food industry. In *Emerging Thermal Processes in the Food Industry* (pp. 95-117). Woodhead Publishing.
2. Abhilasha, P. and Pal, U,S (2018). Effect of Ohmic Heating on Quality and Storability of Sugarcane Juice *nternational Journal of Current Microbiology and Applied Sciences ISSN: 2319-7706* Volume 7 Number 01 .
3. Akhmazillah, M.F.N., Farid, M.M. and Silva, F.V.M. (2013).High pressure processing (HPP) of honey for the improvement of nutritional value. Innovative Food Science & Emerging Technologies**,** 20(0), 59-63.
4. Alajaji, S.A. and El-Adawy, T.A. (2006). Nutritional composition of chickpea (Cicer arietinum L.) as affected by microwave cooking and other traditional cooking methods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19, 806-812.
5. Anonymous (2002). Screentec inspection and systems, Voedingsmiddelentechnologie, 35, p. 6.

ISSN: 2537-0804 **eISSN: 2537- 0855**

6. Bakshi, N., Jain, S., Raman, A., & Pant, T. (2023). Microwave: An overview. *Ultrasound and Microwave for Food Processing*, 19-59.
7. Bárcenas, M.E., Altamirano-Fortoul, R. and Rosell, C.M. (2010). Effect of high pressure processing on wheat dough and bread characteristics. LWT - Food Science and Technology**,** 43(1), 12-19.
8. Celandroni F, (2004). Effect of microwave radiation on *Bacillus subtilis* spores. Journal of Applied Microbiology 97(6): 1220-7.
9. Chandrasekaran S, Ramanathan S. and Tanmay Basak (2013). Microwave food processing – a review Department of Chemical Engineering, Indian Institute of Technology Madras, v 52. Pages 243-261
10. Chhikara, N., Panghal, A., Yadav, D. N., Mann, S., & Bishnoi, P. (2023). Pulse Electric Field: Novel Technology in Food Processing. *Novel Technologies in Food Science*, 39-64.
11. Cocci, E., Sacchetti, G., Vallicelli, M., Angioloni, A. and Rosa, M.D. (2008). Spaghetti cooking by microwave oven: cooking kinetics and product quality. *Journal of Food Engineering*, 85, 537-546
12. Cohen, J.S. and Yang, T.C.S. (1995). Progress in food dehydration. *Trends in Food Science & Technology*, 6, 20-25.
13. Crawford Y.J., Murano E.A., Olson D.G.and Shenoy K.(1996). J. Food Prot., 59, 711-715.
14. da Silva Rocha, R., Barros, C. P., Pimentel, T. C., Mutti, P., Cigarini, M., Di Rocco, M., Brutti,A.; Alamprese,C.; Silva,M.C.; Esmerino,E.A. and da Cruz, A. G. (2023). Ohmic Heating. *Novel Technologies in Food Science*, 551-609.
15. Datta, A.K. and Anantheswaran, R.C. (2000). Handbook of microwave technology for food applications. New York: Marcel Dekker Inc.

ISSN: 2537-0804 eISSN: 2537- 0855

16. Datta, A.K. and Davidson, P.M. (2000). Microwave and radio frequency processing. *Journal of Food Science Science*, 65, 32-41.
17. De La Vega-Miranda, B., Santiesteban-Lopez, N.A., Lopez-Malo, A. and Sosa-Morales, M.E.(2012). Inactivation of Salmonella Typhimurium in fresh vegetables using water-assisted microwave heating. *Food Control*, 26, 19-22
18. Decareau, R.V.(1992).Chapter eight: Microbiological considerations. In: Microwave foods: new product development. Trumbull: Food & Nutrition Press, Inc.;. p.189-201
19. Decareeau R.V. (1985). *Microwaves in the Food Processing Industry*. Orlando, Academic Press Inc.
20. Deepika, K; Ritesh ,M; Anjay,K. and Sunny, B.(2016). OHMIC HEATING OF FOODS: A EMERGING TECHNOLOGY. International Journal of Agriculture Sciences ISSN: 0975-3710&E-ISSN: 0975-9107, Volume 8, Issue 43.
21. Doan, N. K., Lai, D. Q., & Le, T. K. P. (2022). Ohmic Heating: Its Current and Future Application in Juice Processing. *Food Reviews International*, 1-26.
22. Dornoush, J., & Bagher, H. S. M. (2022). Ohmic heating application in food processing: Recent achievements and perspectives. *Foods and Raw materials*, *10*(2), 216-223.
23. Dzwolak, W.; Kato, M.and Taniguchi, Y.(2002).Fourier transform infrared spectroscopy in high-pressure studies on proteins. *Biophys. Acta*, *1595*, 131–144.
24. Edgar, R (1986). 'The Economics of Microwave Processing in the Food Industry', *Food Technology*, June 1986, 106–12.
25. Fürst, P; Kulling, S; Lampen, A; Rechkemmer ,G; Stadler R, H. and Vieths, S. (2015). Opinion on the use of ohmic

ISSN: 2537-0804 **eISSN: 2537- 0855**

heating for the treatment of foods DFG Senate Commission on Food Safety

26. Ghoshal, G. (2023). Comprehensive review in pulsed electric field (PEF) in food preservation: Gaps in current studies for potential future research. *Heliyon*.
27. Guillard, V., Mauricio-Iglesias, M. and Gontard, N. (2010). Effect of novel food processing methods on packaging: Structure, composition, and migration properties. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50, 969-988.
28. Guzik, P., Kulawik, P., Zając, M., & Migdał, W. (2022). Microwave applications in the food industry: An overview of recent developments. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *62*(29), 7989-8008.
29. Houška, M., Silva, F. V. M., Evelyn, Buckow, R., Terefe, N. S., & Tonello, C. (2022). High pressure processing applications in plant foods. *Foods*, *11*(2), 223.

30. Icoz, D., Sumnu, G. and Sahin, S. (2004). Color and texture development during microwave and conventional baking of breads *International Journal of Food Properties*, 7, 201-213.
31. Jaeger, H ; Meneses ,N. and Knorr ,D .(2009) Impact of PEF treatment inhomogeneity such as electric field distribution flow characteristics, and temperature effects on the inactivation of E. coli and milk alkaline phosphatase . Innovative Food Science and Emerging Technologies 10 ,470–480.
32. Jun, S. and Irudayaraj, J.M. (2009). FOOD PROCESSING OPERATIONS MODELING S E C O N D E D I T I O N Design and Analysis . Taylor & Francis Group6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300 Boca Raton, FL 33487-2742
33. Kaur, M., Kumar, S., & Samota, M. K. (2023). Ohmic Heating Technology Systems, Factors Governing Efficiency and Its Application to Inactivation of Pathogenic Microbial,

ISSN: 2537-0804 eISSN: 2537- 0855

Enzyme Inactivation, and Extraction of Juice, Oil, and Bioactive Compounds in the Food Sector. *Food and Bioprocess Technology*, 1-26.

34. Koutsoumanis, K., Alvarez-Ordóñez, A., Bolton, D., Bover-Cid, S., Chemaly, M., Davies.R; Cesare.A.D; Herman .L; Hilbert .F; Lindqvist .R; Nauta .M; Peixe .L; Ru .G; Simmons .M; s Skandamis .P; Suffredini .E; Castle .L; Crotta .M; Grob .K; Milana .M.R; Petersen .A; Sagues A.X.R.; Silva F.V.; Barthel ´ emy.E; Christodoulidou.E; Messens,W. & Allende, A. (2022). The efficacy and safety of high-pressure processing of food. EFSA Panel on Biological Hazards (BIOHAZ Panel), *EFSA Journal*, *20*(3), e07128.
35. Kozempel, M.F., Annous, B.A., Cook, R.D., Scullen, O.J. and Whiting, R.C. (1998).Inactivation of microorganisms with microwaves at reduced temperatures. *Journal of Food Protection*, 61, 582-585.
36. Kumar, Y; Patel, K, K. and Kumar ,V. (2015). Pulsed Electric Field Processing in Food Technology .International Journal of Engineering Studies and Technical Approach. Volume 01, No.2, Feb .
37. Kutlu, N., Pandiselvam, R., Saka, I., Kamiloglu, A., Sahni, P., & Kothakota, A. (2022). Impact of different microwave treatments on food texture. *Journal of Texture Studies*, *53*(6), 709-736.
38. Metaxas A.C. (1996). *Foundations of Electroheat.* Chichester, John Wiley & Sons.
39. Morris, C.; Brody, A.L.and Wicker, L. (2007).Non-thermal food processing/preservation technologies: A review with packaging implications. Packag. Technol. Sci., 20, 275–286.
40. Muhammad Shahbaz, H., Javed, F., & Park, J. (2023). Applications of HPP for Microbial Food Safety. In *Advances in Food Applications for High Pressure Processing Technology* (pp. 15-29). Cham: Springer Nature Switzerland.

ISSN: 2537-0804 **eISSN: 2537- 0855**

41. Nath, K. G., Pandiselvam, R., & Sunil, C. K. (2023). High-pressure processing: Effect on textural properties of food-A review. *Journal of Food Engineering*, 111521.
42. Nithya, C., & Sudheer, K. P. (2023). Pulsed Electric Field Technology for Preservation of Liquid Foods.
43. Nott, K.P. and Hall, L.D. (1999). Advances in temperature validation of foods. *Trends in Food Science & Technology*, 10, 366-374.
44. Olsson S. (1995) . High Pressure Processing of Foods(D.A. Ledward, D.E. Johnston, R.G. Earnshaw, A.P.M. Hasting, Eds.), Nottingham University Press, Nottingham, p. 167
45. Ozkan, G., Subasi, B. G., Capanoglu, E., & Esatbeyoglu, T. (2023). Application of high pressure processing in ensuring food safety. In *Non-thermal food processing operations* (pp. 319-357). Woodhead Publishing.
46. Patel, A. and Singh, M.(2004). Reviews on Ohmic Heating for Food Products. (Department of Post-Harvest Process and Food Engineering, Jawaharlal Nehru Krishi Vishwa Vidyalaya, Jabalpur, Madhya Pradesh 48, India).
47. Patterson M.F., Quinn M., Simpson R. and Gilmour A.(1995) In: High Pressure Processing of Foods (D.A.Ledward, D.E. Johnston, R.G. Earnshaw, A.P.M. Hasting,Eds.), Nottingham University Press, Nottingham, p. 47.
48. Puligundla, P., Abdullah, S. A., Choi, W., Jun, S., Oh, S. E. and Ko, S. (2013). Potentials of microwave heating technology for select food processing applications: a brief overview and update. Journal of Food Processing & Technology, 4(11), 278.
49. ranesh, m, n (1999).'Food preservation by heat treatment', in *Handbook of Food Preservation*, R S Rahman (ed), New York Marcel Dekker, 95–172
50. Raso, J; Alvarez, I. and Condon, S (2000). Predicting inactivation of Salmonella senftenberg by pulsed electric fields. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*.;1(1):21–29.

ISSN: 2537-0804 **eISSN: 2537- 0855**

51. Ryynanen, S. (1995). The electromagnetic properties of food materials: a review of the basic principles. *Journal of Food Engineering*, 26, 409-429.
52. Sampedro1,F. D; Rodrigo,1 A; Martínez,1 G.V; Barbosa-Cánovas2 and Rodrigo ,M. 1.(2012). Review: Application of Pulsed Electric Fields in Egg and Egg Derivatives Downloaded from fst.sagepub.com at UNIVERSITE DE MONTREAL on July 27
53. Singh, D., Singh, S., Patel, S. K., Sinha, S., Arya, R. K., & Singh, D. (2023). Experimental investigation of different-shaped microwave-heated potatoes: thermal and quality characteristics analysis for food preservation. *Environmental Science and Pollution Research*, *30*(4), 8416-8428.
54. Singh, M., Raghavan, B. and Abraham, K.O., . (1996) Processing of marjoram (*Marjona hortensis Moench*.) and rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). Effect of blanching methods on quality. *Nahrung*, 40, 264-266
55. Soysal, Y. (2004). Microwave drying characteristics of parsley. *Biosystems Engineering*, 89, 167-173.
56. Sumnu, G., Datta, A.K., Sahin, S., Keskin, S.O. and Rakesh, V. (2007). Transport and related properties of breads baked using various heating modes. *Journal of Food Engineering*, 78, 1382-1387.
57. Syamsuri, R. (2023). An overview of ohmic heating utilization in the processing of food. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1230, No. 1, p. 012182). IOP Publishing.
58. Tajchakavit, S.; . Ramaswamy H. S. and Fustier P.; (1998). Enhanced destruction of spoilage microorganisms in apple juice during continuous flow microwave heating. Food Research International, 31: 713–722
59. Traffano-Schiffo, M.V.; Laghi, L.; Castro-Giraldez, M.; Tylewicz, U.; Rocculi, P.; Ragni, L.; Dalla Rosa, M. and Fito, P.J. (2017).Osmotic dehydration of organic kiwifruit pre-treated by

ISSN: 2537-0804 **eISSN: 2537- 0855**

pulsed electric fields and monitored by NMR. Food Chem., 236, 87–93.

60. Wang, J. and Xi, Y.S. (2005). Drying characteristics and drying quality of carrot using a twostage microwave process. Journal of Food Engineering, 68, 505-511.
61. Woo, I. S, Rheeand, I. K. and Park, H. D..(2000). Differential damage in bacterial cells by microwave radiation on the basis of cell wall structure. Applied Environmental Microbiology. 66 (5): 2243 – 2247.
62. Yaldagard, M., Mortazavi, S. A. and Tabatabaie, F. (2008).The principles of ultra-high pressure Technology and its application in food processing/preservation: A review of microbiological and quality aspects. African Journal of biotechnology, 7(16), 2739-2767.
63. Yeom, H. W., McCann, K. T., Streaker, C. B. and Zhang, Q. H. (2002).Pulsed electric field processing of high acid liquid foods: A reviewAuthor links open overlay panel Advances in Food and Nutrition ResearchVolume 44, 2002, Pages 1-32
64. Zhang, M., Tang, J., Mujumdar, A.S. and Wang, S. (2006). Trends in microwave-related drying of fruits and vegetables. Trends in Food Science & Technology, 17, 524-534.
65. Zhang, Q. H., Barbosa-Cánovas, G. V. and Swanson, B. G. (1995). Engineering aspects of pulsed electric field pasteurization. Journal of Food Engineering, 25, 261–281.
66. Zhang, Z., Zhang, B., Yang, R., & Zhao, W. (2022). Recent developments in the preservation of raw fresh food by pulsed electric field. Food Reviews International, 38(sup1), 247-265.

ISSN: 2537-0804 eISSN: 2537- 0855