

Chapitre 4

Conservation

La stabilisation biochimique des aliments en vue de leur conservation exige d'éliminer les micro-organismes parasites susceptibles de proliférer, bactéries, levures ou moisissures, et d'inhiber certaines réactions chimiques indésirables par inactivation des enzymes qui catalysent ces réactions.

Les opérations correspondantes : inactivation enzymatique, stérilisation ou pasteurisation, peuvent, dans certains cas, être avantageusement effectuées par micro-ondes. Comme on le verra, il s'agit d'applications en plein développement, dont plusieurs ont déjà donné lieu à d'intéressantes réalisations à l'échelle industrielle.

4.1 Inactivation enzymatique

On appelle enzymes des catalyseurs solubles colloïdaux, organiques, produits par un être vivant. Contrairement aux catalyseurs minéraux, les enzymes n'exercent qu'une action spécifique sur un seul type de réaction, leur adaptation à un substrat donné étant comparable à celle d'une clé à sa serrure.

Toutes les enzymes connues sont des protéines, c'est-à-dire des chaînes polypeptidiques provenant de la polymérisation d'un acide aminé $\text{NH}_2\text{-CH-COOH}$. Ces chaînes,



dont la structure est dite primaire, s'associent par liaisons hydrogène ou covalence en structures secondaires ou sous-unités, elles-mêmes regroupées en structures tertiaires ou quaternaires constituant l'enzyme. Celle-ci présente alors deux parties : la complémentaire active ou groupement prosthétique, porteuse de sites actifs et directement responsable de l'effet catalytique, et la complémentaire activante ou apoenzyme, qui constitue le support protéinique de la partie active. L'apoenzyme adsorbe les molécules du substrat, produisant localement de très fortes concentrations qui accroissent dans des proportions énormes l'efficacité de la complémentaire active.

La nomenclature de Baldwin distingue quatre familles d'enzymes :

- les enzymes de scission, qui fragmentent divers composés et fixent certains groupements sur les molécules ;
- les enzymes de transfert, qui prélèvent un fragment du substrat et le fixent sur une autre molécule ;
- les enzymes d'isomérisation, qui favorisent le passage d'une forme isomérique à l'autre ;
- les enzymes de polymérisation, qui accélèrent la formation de chaînes à partir d'un monomère.

La désignation des enzymes découle de leur spécificité : elle comporte en général le nom du substrat, additionné d'un élément sémantique évoquant le mode d'action, et terminé par le suffixe "ase".

On caractérise l'activité d'une enzyme par la quantité de substrat transformée dans le plus petit intervalle de temps possible en début de réaction, c'est-à-dire par la vitesse initiale de celle-ci. De nombreux facteurs peuvent modifier cette activité : concentration de l'enzyme et du substrat, pH, température, agents extérieurs (agitation, ultrasons, ultraviolets, etc.) (STOLKOWSKI, 1973 [142]).

Les enzymes jouent un rôle considérable dans la chimie de la vie. Elles sont, entre beaucoup d'autres, à l'origine d'un grand nombre de réactions affectant les fruits et légumes crus entreposés, et aboutissant à l'apparition de composés indésirables dont l'odeur, la couleur ou la structure nuisent à la qualité des produits.

4.1.1 Blanchiment des fruits et légumes

Le blanchiment est un traitement thermique visant à stabiliser les caractères sensoriels des aliments par inactivation de certaines enzymes. Cette inactivation est généralement effective vers 82°C ; elle est obtenue en quelques minutes à 88°C ou en 30 secondes à 100°C. On contrôle par un test spécifique de l'enzyme à inactiver, ou par un test d'activité de deux enzymes-témoins à haute thermostabilité, la catalase et la peroxydase, dont l'inactivation suppose a fortiori celle des autres enzymes présentes.

Lorsque le produit à traiter présente une surface importante, on a recours à la vapeur, qui évite les pertes aromatiques. Le blanchiment à l'eau à 95-100°C est en général utilisé pour les légumes volumineux ; il est plus rapide que le traitement à la vapeur, sans que l'on puisse expliquer pourquoi (Blanching of vegetables, 1980 [172]).

L'efficacité de ces deux procédés étant fonction de la conduction thermique, l'homogénéité du traitement est rarement satisfaisante : dans le cas d'un légume volumineux, en particulier, la surface est souvent sur-blanchie, alors que le cœur contient encore des enzymes actives. Le sur-blanchiment entraîne un ramollissement du produit, une perte d'arômes, une consommation énergétique inutile, et parfois des réactions thermiques tout aussi nuisibles que les réactions enzymatiques. A l'inverse, un blanchiment insuffisant risque tout de même de rompre les tissus, mettant en contact direct l'enzyme et son substrat, et amenant ainsi, paradoxalement, une dégradation plus rapide qu'en l'absence de tout traitement.

A ces procédés traditionnels, les micro-ondes offrent un substitut avantageux. L'action du rayonnement sur les enzymes est purement thermique, comme l'ont démontré WARD, ALLIS et ELDER (1975 [161]) ou BINI, CHECCUCCI et coll. (1978 [22]), les premiers à 2,45 GHz sur la glucose-6-phosphatase-déshydrogénase des globules rouges humains et sur l'adénylate-kinase extraite du foie de souris, les seconds à 3 GHz sur la LDH ou lactodéshydrogénase. Les conclusions de ces travaux sont identiques, à savoir qu'il n'existe aucun effet cumulatif d'une irradiation à l'autre, et que l'accélération de la réaction est uniquement due à un effet thermique, à l'exclusion de toute action spécifique.

Les essais de blanchiment UHF ont porté sur plusieurs types de légumes. Sur la pomme de terre, il s'agit d'inactiver la polyphényloxydase, une enzyme de transfert qui oxyde les polyphénols et dont la présence aboutit à l'apparition d'un polymère brun-noir. Le traitement UHF à 2,45 GHz, d'après COLLINS et MAC CARTY (1969 [35]), serait trois fois plus rapide que l'eau bouillante. Les modifications structurales induites par la chaleur seraient identiques, et l'évaluation sensorielle ne ferait apparaître aucune différence de goût. CHEN, COLLINS et coll. (1971 [32]) ont ensuite mis au point un traitement mixte UHF et eau bouillante, autorisant une meilleure conservation de la structure. La superposition de deux gradients de température opposés, l'un dû à la conduction et l'autre aux micro-ondes, aboutissait à modérer l'apport de chaleur dans les couches intermédiaires. Le temps nécessaire à une inactivation totale était de 90 s d'irradiation sous 1 kW suivies de 3 min en bain d'eau chaude. Le même type de combinaison UHF-eau bouillante a été employé par ABARA et HILL (1981 [1]).

La lipoxgénase est responsable d'une détérioration de la qualité des petits pois, en formant, avec l'acide linoléique, des hydroxydes instables dégradés ultérieurement en une aldéhyde, l'hexanal (HENDERSON, HERGENROEDER et STUCHLY, 1975 [77]). VAROQUAUX, AVISSE et BUSSIDAN (1972 [157]), VAROQUAUX, AVISSE et coll. (1974 [158]) ont obtenu une bonne inactivation de cette enzyme dans un tunnel IMI-SA de 8 kW à 2,45 GHz, ayant une vitesse de défilement de 2 m.min⁻¹. Le temps de séjour était d'une minute pour une charge de 500 g.m⁻¹. Les pertes en sucres et en azote soluble furent très faibles, et la détérioration de la couleur et du goût, identique à celle que provoque le blanchiment traditionnel. En revanche, le Centre Technique des Conserves de Produits Agricoles relève une teneur en sucre de 92 %, contre 80 % seulement après blanchiment à l'eau, sur 500 g de petits pois traités en 210 s sous 1,8 kW (Application des micro-ondes au blanchiment, 1974 [171]).

Les petits pois, les haricots verts, le raifort, etc. contiennent de la peroxydase, une enzyme de transfert qui arrache l'oxygène des peroxydes pour le fixer sur certains composés phénoliques ; cette réaction s'accompagne du développement d'arômes désagréables (HENDERSON, HERGENROEDER et STUCHLY, 1975 [77]). GULLETT, ROWE et HINES (1984 [66]) de l'Université de Guelph (Ontario, Canada) ont comparé les effets sur le haricot vert du blanchiment à l'eau et par micro-ondes. Ce dernier donne un produit moins vert, plus ferme, moins savoureux ; les teneurs en acide ascorbique sont identiques. Les essais de LANE, BOSCHUNG et ABDEL GHANY (1985 [96]) sur le petit pois, le haricot vert et la courge, démontrent que la rétention des vitamines, en particulier de l'acide ascorbique, est à peu près la même par micro-ondes et à la

vapeur. Le CTCPA (Application des micro-ondes au blanchiment, 1974 [171]) obtient par micro-ondes, pour le haricot mange-tout, une teneur en matière sèche plus élevée, une meilleure conservation de la saveur, une meilleure tenue des gousses, et l'absence de décollement des peaux.

VAROQUAUX, SAUVAGEOT et coll. (1979 [159]), de l'INRA et de l'ENSBANA de Dijon, ont blanchi des lanières de cèleri sous 500 W à 915 MHz. Le traitement, réalisé en 90, 100, 110, 120 ou 130 s dans des bocaux de verre, a donné une bonne inactivation de la peroxydase et de la polyphényloxydase, avec une amélioration sensible de la texture et de la couleur, une légère détérioration de l'arôme et de la saveur, et un gain pondéral de 8 %. Ces auteurs envisageaient une application industrielle devant mener à un gain de temps considérable, mais signalaient aussi la difficulté du contrôle énergétique du procédé. En effet, la plupart des caractéristiques du produit sont améliorées par rapport au blanchiment classique tant que la température ne dépasse pas 110°C, alors qu'une dégradation rapide apparaît au-delà de cette température.

Au plan des réalisations, il faut mentionner un équipement expérimental de Magnetics Ltd à Leicester (Angleterre) destiné au blanchiment de choux de Bruxelles. L'élévation thermique est obtenue par la vapeur jusqu'à 60°C, par micro-ondes au-delà. On constate un très bon rendement énergétique, une plus grande souplesse de la production, une réduction des effluents et des pertes par endommagement mécanique (Microwave heating, n.d. [180] ; Recent advances, n.d. [187]). En France, un prototype de 25 kW à 915 MHz a été mis en service vers 1980, mais semble malheureusement être l'objet d'une grande confidentialité. Sur le blanchiment des légumes, on verra aussi MOYER et STOTZ (1945 [113]), MOYER et HOLGATE (1947 [112]), PROCTOR et GOLDBLITH (1948 [130]), JEPSON (1963 [83]), DIETRICH, HUXSOLL et GUADAGNI (1970 [49]), HUXSOLL, DIETRICH et MORGAN (1970 [81]), Microwave blanching review (1970 [179]), CHEN, COLLINS et coll. (1971 [32]), BARTHOLIN, DESCAMPS et BOUDET (1974 [17]), Blanching of vegetables (1980 [172]), DECAREAU et MUDGETT (1985 [44]), ARMBRUSTER et BRINK (1985 [4]), ROSENBERG et BOGL (1986 [134]).

Sur les fruits, et particulièrement sur les pêches, le blanchiment à l'eau ou à la vapeur entraîne des surcuissons de surface et des pertes importantes de matières solubles.

Tableau 4.1 - Inactivation des enzymes de la pêche (AVISSE et VAROQUAUX, 1977 [9], p. 75)

Variétés		Activité initiale $\Delta OD/min$	Activité résiduelle (%) après		
			6 min M.O.	8 min M.O.	10 min M.O.
Ambergen	Peroxydase	2,3	41	32	0
	Polyphényloxydase	7,9	52	37	0
Babygold 6	Peroxydase	1,9	12	5	1,75
	Polyphényloxydase	5,3	8	0	0
Dixon	Peroxydase	3,5	34	15	1,5
	Polyphényloxydase	13,3	58	2	0
Tuscan	Peroxydase	2,8	37	7	0
	Polyphényloxydase	5,4	91	6	0

Au contraire, le traitement UHF évite presque totalement l'exsudation, ne donne au produit aucun goût de cuit et lui conserve une saveur et un aspect proches de ceux du produit frais, tout en assurant une inactivation enzymatique totale (AVISSE, n.d. [7]), AVISSE, VAROQUAUX et DUPUY (1974 [10]), AVISSE et VAROQUAUX (1975 [8], 1977 [9]). Le tableau 4.1 indique les pourcentages d'activité résiduelle de la peroxydase et de la polyphényloxydase en fonction du temps d'exposition. Le seul problème réside dans l'impossibilité d'inactiver les enzymes de la peau, particulièrement riche en polyphényloxydase mais refroidie par l'air ambiant. AVISSE (n.d. [7]) proposait comme solution un procédé mixte combinant les micro-ondes aux infra-rouges ou à un fluide chauffant. AVISSE et VAROQUAUX (1977 [9]) notent qu'après six mois d'entreposage, le brunissement des tissus, la perte de saveur et l'exsudation étaient moindres que sur les pêches non traitées.

4.1.2 Inactivation de l' α -amylase du blé

L' α -amylase est une enzyme de scission, qui fragmente les polysaccharides. Sa présence dans les farines de blé obtenues à partir de grains germés provoque l'hydrolyse de l'amidon et l'apparition de dextrines pendant la fermentation de la pâte, d'où un pain de mauvaise qualité, à la mie pâteuse et coriace.

AREF, NOËL et MILLER (1972 [3]) ont travaillé à mettre au point un traitement UHF des farines. Leurs essais démontrent qu'une exposition de 30 s à 1,8 kW (2,45 GHz), amenant la température à 77°C, ne suffit pas à assurer une inactivation satisfaisante. Au contraire, une exposition de 60 s, avec une température finale de 120°C, aboutissait à une inactivation totale, sans dégradation de la pâte et avec une perte d'humidité très faible. Ces résultats coïncident avec ceux de la société IMI-SA, d'après lesquels une température finale d'au moins 100°C est nécessaire (Divers comptes-rendus, 1980 [173]).

4.1.3 Traitement de graines et fèves

La fève de soja contient de la lipoxygénase qui, en oxydant les acides gras insaturés linoléique et linoléique (partie III, § 1.2.2), est à l'origine de l'apparition de saveurs indésirables. Elle contient aussi des produits ayant une action inhibitrice sur la trypsine, une enzyme protéolytique présente dans l'intestin. NELSON, POUR-EL et PECK (1981 [117]) ont montré que les micro-ondes à 2,45GHz étaient aussi efficaces que la vapeur quant à réduire l'activité de l'antitrypsine, et que ce mode de chauffage inactivait complètement la lipoxygénase. Ces résultats sont confirmés par ceux de HAFEZ, SINGH et coll. (1983 [68]), HAFEZ, MOHAMED et coll. (1985 [67]), qui ont nourri des volailles avec du soja traité sous 650 W à 2,45 GHz, avec pour effet une croissance plus rapide, et la diminution de l'hypertrophie pancréatique généralement causée par cette diète. L'amélioration de la digestibilité était maximale pour une durée de traitement UHF comprise entre 9 et 12 min. Au-delà de 15 min, c'est un effet adverse qui se manifestait. La destruction de la lipoxygénase était totale, dans les conditions de l'essai, en 90 s sur des échantillons de 150 g ayant un taux d'humidité compris entre 14 et 28 %. De la même manière, FULLER, OWINGS et FANSLAW (1986 [57]) ont traité des

échantillons de soja à 10 % d'humidité à raison de 4 à 6 min.kg⁻¹, obtenant une inactivation satisfaisante de l'antitrypsine et le même effet de seuil sur les durées d'exposition en ce qui concerne la digestibilité. Leurs essais ont été réalisés à l'aide d'un applicateur rotatif mis au point par WYSLOUZIL et KASHYAP (1985 [165]).

Un four UHF de rôtissage des fèves, développé par HAMD, MOSTOWY et BARTIA (1974 [72], 1975 [73]) permet de détruire les inhibiteurs de trypsine sur les fèves de soja, les arachides, les graines de tournesol, le café, avec seulement 66 % de l'énergie mise en œuvre lors d'un traitement classique.

La myrosinase, enzyme présente dans les graines de moutarde et de colza, donne aux dérivés de ces graines un goût amer caractéristique. Le traitement classique consiste à maintenir la température du produit entre 94 et 105 °C pendant 20 min. Les inconvénients en sont la longueur et le volume des fours et le goût de cuit du produit fini, lequel, réduit en farine, est utilisé comme supplément protéinique et agent de texture pour aliments carnés. Un projet récent d'Agriculture Canada à Ottawa visait à mettre au point un traitement UHF ; le produit, placé dans un tube de PTFE lui-même inséré dans un guide WR 340 et soumis à une puissance RF de 900 à 1 500 W à 2,45 GHz, atteignait 85 à 140 °C en 13 s. L'inactivation était effective pour des températures de 105 à 125 °C suivant le taux initial d'humidité ; ces températures n'avaient aucun effet adverse sur la qualité, jugée dans tous les cas supérieure à celle du produit traité de façon conventionnelle. Un applicateur plus puissant, à 915 MHz, servit à confirmer ces résultats (TIMBERS, WYSLOUZIL et KASHYAP, 1982 [153] ; HOLLEY et TIMBERS, 1983 [78]).

Sur les graines de colza, on observe, à défaut d'une inactivation efficace de la myrosinase, la décomposition hydrolytique des glucosinates, dont les dérivés se retrouvent dans l'huile. KOZLOWSKA, ROTKIEWICZ et BOCK (1983 [92]), de l'Université d'Agriculture et de Technologie d'Olsztyn (Pologne) et de l'Institut de Nutrition Animale de Dummerstorf-Rostock (RDA), ont comparé l'efficacité des micro-ondes à 2,45 GHz, de l'irradiation γ et d'un procédé hydrothermique combinant lit fluidisé et vapeur d'eau. Les micro-ondes permirent d'obtenir, en 3 min 30 s, une inactivation complète à 90 %, avec une plus grande efficacité et de bien meilleurs résultats qualitatifs que les deux autres procédés.

4.2 Stérilisation

Les produits destinés à l'alimentation sont couramment infestés par des micro-organismes animaux ou végétaux, bactéries, levures et moisissures. Dans la première catégorie entrent des germes aérobies ou aéro-anaérobies comme les Cocci Gram⁺ (staphylocoques, streptocoques, bacillus), les Cocci Gram⁻ (entérobactéries du type *Escherichia coli* ou *Salmonellae*, *Protei*), les *Pseudomonas*, et des germes anaérobies comme les *Clostridia*. Dans la seconde catégorie, on trouve divers types de champignons phycomycètes comme la moisissure du pain, ou ascomycètes comme les levures et les moisissures du type *Penicillium* et *Aspergillus*.

Les bactéries peuvent provoquer des maladies extrêmement graves, du fait de leur virulence ou de leur pouvoir toxique. Quant aux levures et moisissures, leur présence est au moins préjudiciable à la qualité. La destruction des unes comme des autres requiert la stérilisation du produit, généralement obtenue par les moyens classiques : exposition à la chaleur, à des gaz toxiques ou aux rayonnements ionisants.

Le procédé thermique met le produit au contact d'un fluide, air ou eau, à haute température ; l'unité de valeur stérilisatrice (v.s.) correspond alors à une minute d'exposition à 121 °C, qui divise par dix la population microbienne. Le traitement par irradiation consiste à exposer le produit à une source de rayonnements ionisants équivalant à 10 kGy, soit 10 J.g^{-1} , au maximum. Ainsi, une dose absorbée de 3 kGy porte à dix jours à température ambiante la durée de conservation de la viande hachée, milieu pourtant idéal pour les germes pathogènes. On emploie soit des rayons γ émis par les nucléides ^{60}Co ou ^{137}Cs , soit des faisceaux d'électrons émis par des accélérateurs de niveau d'énergie inférieur ou égal à 10 MeV, soit les rayons X obtenus par freinage de ces électrons (La conservation par irradiation, 1982 [175]).

Le procédé thermique altère malheureusement les caractéristiques du produit : surchauffes superficielles, et dégradation notable des propriétés organoleptiques (goût de cuit) et nutritionnelles (destruction des vitamines). L'irradiation est d'un emploi malaisé. Quant au traitement par l'oxyde d'éthylène pour les produits thermodégradables, il apparaît que la désorption de ce gaz hautement toxique n'est pas complète. Un procédé UHF pourrait donc a priori offrir une alternative intéressante.

Pour les produits fragiles, essentiellement liquides, on remplace la stérilisation par des procédés moins brutaux, stassanisation ou pasteurisation. Le premier procédé est peu employé, bien qu'il assure une destruction des germes à 99,9 % ; il consiste à porter le liquide à 75 °C pendant 15 s tout en le faisant couler entre deux cylindres de cuivre étamé chauffés et distants de quelques dixièmes de millimètre. Quant à la pasteurisation, trois techniques sont actuellement utilisées :

- pasteurisation basse, ou L.T.L.T. ("low temperature, long time") : exposition à une température de 62,8 à 65,6 °C pendant 30 min au minimum ;
- pasteurisation haute, ou H.T.S.T. ("high temperature, short time") : exposition à 72 °C pendant 15 s, ou à 80-85 °C pendant 5 s ;
- pasteurisation ultra-haute, ou U.H.T. ("ultra-high temperature") : adjonction au produit de vapeur surchauffée, puis détente sous vide ; 140 à 150 °C pendant quelques fractions de seconde.

On obtient les meilleurs résultats avec les techniques rapides à haute température, qui jouent sur le fait que le taux de destruction des micro-organismes croît plus vite avec la température que le taux de dégradation des caractéristiques du produit. Malheureusement, la mauvaise conductivité thermique des liquides rend difficile la mise en œuvre de ces techniques (OHLSSON et BENGSSON, 1973 [122] ; OHLSSON, 1977 [121]).

L'intérêt pour la stérilisation hyperfréquence apparaît dès le début des applications thermiques des micro-ondes : FLEMING (1944 [54]) ; Electronic sterilization (1945 [174]) ; SWENSON (1949 [144]) ; SMITH et GRINNEL (1951 [139]) ; BROWN et MORRISON

(1954 [25]) ; HELLER (1959 [75]) ; TEIXEIRA-PINTO et HELLER (1960 [146]). Cet intérêt allait de pair avec l'exploration des effets biologiques du rayonnement, en particulier avec la recherche d'effets spécifiques sur la cellule vivante, et avec le développement de la cuisson UHF : DESSEL, BOWERSOX et JETER (1960 [48]) notent ainsi une destruction plus efficace des germes *Staphylococcus aureus* et *Salmonella typhosa* en cuisson UHF qu'en cuisson traditionnelle. La recherche s'étendit peu à peu à une large gamme de produits alimentaires, faisant apparaître que les micro-ondes assureraient généralement une destruction bactérienne au moins égale à ce que donnent les procédés classiques tout en laissant au produit des caractéristiques proches de celles du produit frais. Surtout, il devenait possible de stériliser en continu, sans les ruptures de chaîne dues aux autoclaves.

D'un point de vue théorique, il est peu probable qu'interviennent des effets athermiques, du moins aux fréquences habituelles de 915 et 2 450 MHz. C'est ce que soulignaient déjà GOLDBLITH et WANG (1967 [62]), qui obtenaient sur des solutions d'*E. coli* la courbe de destruction de la figure 4.1.

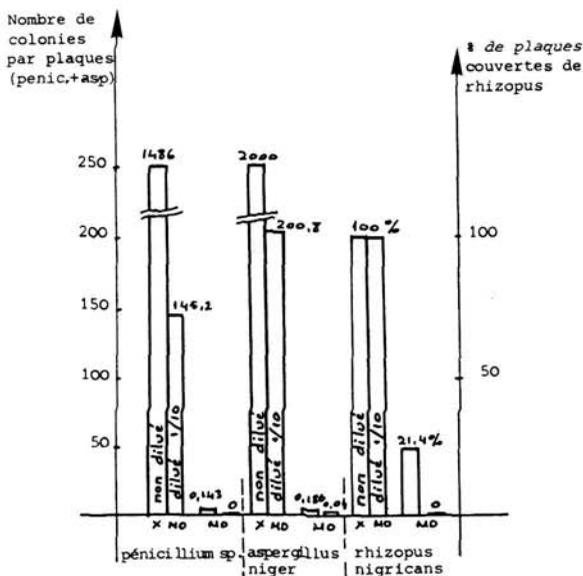


Figure 4.1 - Destruction d'*E. coli* (2,45 GHz, 416 W.l⁻¹ de solution) (GOLDBLITH et WANG, 1967 [62], p. 1373)

Suivant MUDGETT et SCHWARTZBERG (1982 [115]), MUDGETT (1986 [114]) de l'Université du Massachusetts, la survie microbienne sous hyperfréquences est une fonction du temps et de la température modélisable en :

$$C = C_0 e^{-Kt} \quad (4.1)$$

$$K = K_0 e^{-\frac{W_a(T-T_0)}{RTT_0}} \quad (4.2)$$

où C est la concentration en m^{-3} , K un paramètre de dénaturation thermique au-dessus de la température de référence T_0 , mesuré en s^{-1} , t le temps de traitement en s , T la température en K , R la constante molaire des gaz :

$$R = 8,31441 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

et W_a l'énergie d'activation, en J.mol^{-1} . K_0 est spécifique de l'organisme à inactiver et de son environnement physico-chimique. Cette modélisation, d'après ses auteurs, est en bon accord avec la réalité. On verra aussi VELA et WU (1979 [160]), ROSENBERG et SINELL (1984 [135]).

4.2.1 Produits animaux

BENGTSSON, GREEN et DEL VALLE (1970 [19]), cherchant un moyen de remédier à la perte de poids subie par les jambons en cuisson traditionnelle, montrèrent que l'effet pasteurisateur du rayonnement HF (60 MHz) et UHF (2,45 GHz) était de nature purement thermique. FOURNAUD et LAURET (n.d. [55]) obtinrent, par micro-ondes, des délais de conservation prolongés de sept à quatorze jours respectivement pour des tranches de jambon et des saucisses de Francfort, et, ce, sans aucune prolifération de la flore bactérienne de surface.

Même conditionnés en sachets plastiques, les produits de charcuterie connaissent des problèmes de conservation du fait des contaminants provenant des manipulations. Le procédé classique de chauffage à l'eau entraîne l'exsudation du produit et le ternissement du sachet. GAZAN, GRUNDER et VINCENT (1971 [59]), de la société Geo du Kremlin-Bicêtre (Val-de-Marne), ont traité dans un tunnel Gigatron IMI-SA plusieurs milliers de sachets de saucisses et de jambon en tranches ainsi que des terrines de pâté. Sur les saucisses, préalablement cuites à 80°C , les micro-ondes ont permis de supprimer les phénomènes de décoloration, avec des résultats bactériologiques meilleurs qu'à l'eau chaude. Les résultats sur le jambon — cuit à 70°C seulement — furent plus irréguliers, et mirent en évidence le besoin d'une contre-pression. Quant aux pâtés, l'effet des micro-ondes fut jugé très bon pour les petites terrines, insuffisant pour les grandes.

Sur de la viande de porc contaminée 24 h auparavant par des germes *Bacillus subtilis*, *Leuconostoc mesenteroides* et *Pseudomonas putrefaciens*, des essais UHF menant à des températures finales de 60 , 68 , 77 et 85°C ont permis à OCKERMAN, CAHILL et coll. (1976 [119]) de conclure que les micro-ondes étaient bien le procédé le plus efficace pour réduire la contamination bactérienne. On se reportera sur ce point à la partie III, § 1.2.1.

La pasteurisation UHF du lait et des produits dérivés suscite actuellement un nouvel intérêt. Les premières expériences en la matière, rapportées par MUDGETT et SCHWARTZBERG (1982 [115]) et dues à Bhartia, Kashyap, Stuchly et Hamid, du Conseil national de la recherche du Canada, remontent au début des années 70 : la mise en œuvre de deux fréquences de traitement rendait possible une pasteurisation six fois plus rapide que le procédé classique, avec une durée de conservation de quatre à six semaines. C'est également vers le concept d'applicateur bifréquence que s'est orienté BACH (1970 [13], 1976 [14]) à Karlsruhe (RFA) pour la pasteurisation de

yaourt en conteneurs : 40 kW à 27,12 MHz (HF) et 8 kW à 2,45 GHz, conduisant à une température finale de 60°C.

THOUREL et MEISEL (1974 [148]) font état d'excellents résultats obtenus à 2,45 GHz sur un échantillon de bactéries thermophiles qui, porté par micro-ondes à 95°C en 15 s, ne montrait plus qu'un reliquat de quelques germes par cm^3 pour une population initiale de $25 \cdot 10^6 \text{ cm}^{-3}$. Plus récemment, MERIN et ROSENTHAL (1984 [107]) de l'Office de recherche agricole de Bet-Dagan (Israël) ont constaté, en traitant un échantillon de 400 ml de lait sous 700 W à 2,45 GHz, des effets identiques à ceux de la pasteurisation LTLT, avec toutefois une dénaturation des protéines un peu plus importante. Les micro-ondes, beaucoup plus rapides que le procédé traditionnel, sont jugées tout aussi aptes à réduire le nombre de micro-organismes et à désactiver l'enzyme phosphatase alcaline. Les Yougoslaves TABORŠAK et BAŠIĆ (1984 [145]) tirent une conclusion identique de leurs essais à 2,45 GHz sur des échantillons de lait et de yaourt.

CHIU, TATEISHI et coll. (1984 [34]), de l'Université Cornell à Ithaca (New York), ont montré qu'une température finale de 55 à 60°C atteinte par micro-ondes à 2,45 GHz suffisait à assurer une pasteurisation du lait très efficace. Leurs numérations, réalisées suivant les méthodes de l'American Public Health Association (Standard Plate Count et Psychotrophic Bacterial Count) ont mis en évidence des taux de destruction des micro-organismes extrêmement remarquables, en particulier pour les germes psychotrophes, qui produisent des enzymes thermostables protéolytiques et lipolytiques donnant au lait un goût rance ou amer. En ce qui concerne le fromage sous emballage souple, les délais de conservation sont de sept à douze jours après pasteurisation UHF à 82°C (TOCHMAN, STINE et HARTE, 1985 [154]).

4.2.2 Produits végétaux

HOLLEY (1983 [78]), HOLLEY et TIMBERS (1983 [79]) décrivent leurs essais de décontamination de graines de moutarde infestées de levure *Nematospora coryli* : en 13 s d'exposition à 2,45 GHz, une température finale de 87°C et 71°C respectivement était obtenue sur des graines à 6,8 % et 9,7 % d'humidité. Dans les deux cas, la décontamination était complète sans que fût affecté le taux d'allylisothiocyanate, principe aromatique de la moutarde. Le procédé concurrent — stérilisation à l'oxyde d'éthylène — prend 6 h, affecte la germination et peut produire des dérivés cancérigènes. GERHARDT et ROMER (1985 [60, 61]) font état de résultats assez médiocres sur la microflore du poivre, de la marjolaine et du paprika, et notamment d'une baisse importante des teneurs en pigments et huiles essentielles. Il convient cependant de pondérer ces conclusions : la pasteurisation des épices, du gingembre, des herbes médicales, du cacao en poudre, constitue en effet l'une des principales applications des tunnels Micron de la société Oshikiri Machinery Ltd. de Tokyo (figure 4.2).

Pour les légumes en conteneurs de verre, on fait généralement appel au procédé HTST, qui conserve mieux au produit ses caractéristiques que le procédé LTLT. LOH et BREENE (1983 [102]), de l'Université de St Paul (Minnesota), ont stérilisé par micro-ondes des brocoli et pointes d'asperges, sans dégradation notable, dans une cavité cubique de 61 cm de côté munie d'une ouverture de 30 cm de diamètre pour

l'introduction du conteneur de stérilisation, un cylindre en fibre de verre-époxy porté à 1 MPa ; le temps de traitement était de 10 min sous 1 kW à 2,45 GHz, avec une température maximale de 165°C. Pour ces auteurs, les micro-ondes représentent le moyen de stérilisation le plus prometteur et économiquement le plus rentable.

Au niveau industriel, un tunnel de 30 kW RF, installé vers 1974 à Stenstorp (Suède) par la société Skandinaviska Processinstrument AB de Bromma — qui a depuis abandonné le domaine des micro-ondes — exerçait une pasteurisation efficace de pommes de terre pelées et conditionnées sous emballage plastique, avec un débit de 500 kg.h⁻¹ et une température finale de 80°C (Microwave tunnel, n.d. [182]).

Dans un domaine un peu différent, JOLICEUR, HACKAM et TU (1982 [87]) ont obtenu un effet intéressant au moyen d'un four de 675 W à 2,45 GHz : la réduction de 45 % à 7 %, en 160 s, du taux de virus mosaïque infestant des fèves de soja à 8,5 % d'humidité, et ce, avec une élévation de température de 20°C seulement à partir d'une température initiale de 22°C.

En ce qui concerne les produits transformés, les expérimentations et applications industrielles portent essentiellement sur les pâtes, le pain, le vin et les sirops de fruits.

D'après CASTELVETRI, MASSINI et coll. (1983 [30]), de la société OMAC Impianti SRL de Pratissole di Scandiano (Emilie-Romagne), le marché des pâtes fraîches ne peut sortir du cadre strictement local que par le recours à la semi-conserve réfrigérée, préalablement pasteurisée sous emballage hermétique. Les pâtes farcies sont infestées par les bactéries lactées, les *Micrococcaceae* et diverses espèces de *Bacillus*. Quant aux gnocchi, ils constituent un substrat parfait pour le développement de tous les micro-organismes possibles. Aucun des procédés traditionnels (eau chaude, vapeur, air chaud) ne donnant satisfaction du fait des dégradations subies par les emballages, les auteurs se sont tournés avec succès vers la pasteurisation UHF : efficacité comparable à celle du traitement classique, meilleure présentation, durée considérablement réduites, coût au plus égal à celui de l'air chaud. Compte tenu de ces excellents résultats, les essais devaient se poursuivre avec un four continu.

La pasteurisation RF du pain a été l'objet d'essais déjà fort anciens (CATHCART, 1946 [31]), jugés à l'époque très satisfaisants. OLSEN (1965 [124]), de Litton Industries, Atherton Div. à Palo Alto (Californie), a traité du pain de mie en tranches sous 5 kW à 2,45 GHz, avec un temps de transit de 2 min et une température finale de 55 à 65°C. La population de *Penicillium* tombait de 1 846 colonies à 0,143 par plaque, et la population d'*Aspergillus niger*, de 2 000 à 0,186. Les tranches pasteurisées par micro-ondes étaient exemptes de contamination après 21 jours, alors que celles qui avaient été traitées au propionate de sodium apparaissaient couvertes de moisissure après seulement douze jours. Les températures létales de ces moisissures se situant autour de 68-70°C avec 20 min d'exposition à la chaleur, il semblerait que les micro-ondes exercent un effet thermique préférentiel sur les spores, en dépit de leurs faibles dimensions.

THOUREL et MEISEL (1974 [148]) ont pu conserver pendant plusieurs mois du pain et des pâtisseries pasteurisés par micro-ondes, sans qu'apparaisse aucune moisissure. Ces résultats sont confirmés par les essais de la société IMI-SA (Divers comptes-

rendus, 1980 [173]) sur des brioches, conservées intactes pendant cinq mois après le traitement, alors que les témoins étaient complètement moisis.

Les essais à grande échelle de BENGSSON et OHLSSON (1974 [20]), du SIK à Göteborg (Suède) (DECAREAU, n.d. [42, 43]), ont mené à la réalisation d'un applicateur de 80 kW à 2,45 GHz muni de structures à ondes lentes de part et d'autre de la bande transporteuse, et destiné à la pasteurisation sous emballage de pain noir en tranches. Le premier appareil industriel de ce type fut construit par Skandinaviska Process instrument AB et mis en route vers 1974 chez Jowa AG à Gränichen (Suisse). Cet appareil mesurait 11,20 m de long, 1 m de large, 1,30 m de haut, pour une puissance RF de 80 kW. Le pain était porté de 20 à 80°C en 1 à 2 min avec un débit de 2 000 kg.h⁻¹, ce qui suffisait à assurer un délai de conservation de deux à trois mois sans aucun inhibiteur chimique.

Les tunnels Gigatron d'IMI-SA de même que le tunnel Micron MWC Oshikiri, déjà mentionnés, sont également adaptés à ce type d'application. Ce dernier existe en neuf versions, de 2 à 32 kW RF par modules de 4 kW, avec des longueurs comprises entre 4 et 11 m et une ouverture de 44 cm de large et 20 cm de haut (Micron, 1985 [178]). Plusieurs exemplaires fonctionnent actuellement en Scandinavie.

DECAREAU (n.d. [43]) estime que la pasteurisation UHF du pain pourrait se développer assez vite, par suite de la tendance actuelle à durcir les règlements qui régissent l'emploi des inhibiteurs chimiques. On verra aussi, sur ce sujet, NAUMANN (1985 [116]) et BRUMMER et MORGENSTERN (1985 [26]).

Le vin, produit extrêmement complexe et fragile, est de longue date l'objet d'essais de pasteurisation RF (YANG, JOHNSON et WIEGAND, 1947 [167]). Il y a une dizaine d'années, l'Institut technique du vin - SICAREX de Rabastens (Tarn), a mené une étude de stabilisation de moûts à 4,6 et 2,45 GHz portant sur divers types de levures de vinification : *Saccharomyces*, *Torulopsis stelata* et *Hanseniaspora uvarum*, dont les résultats furent nettement négatifs (GAILLARD, 1979 [58]). L'Australian Wine Research Institute, à Glen Osmond (Australie Méridionale), travaille actuellement sur la question : MONK et STEPHENSON (1985 [110]) ont montré que la stérilisation UHF pouvait être définie, comme les autres méthodes d'inactivation thermique, en termes de durée et température ; ainsi, la destruction des levures et des cellules de *Leuconostoc oenos* exige le maintien à 90°C pendant au moins 15 min. MUDGETT et SCHWARTZBERG (1982 [115]) signalent la possibilité de coaguler les protéines par micro-ondes, ce qui accroîtrait la durée de conservation sans nuire aux qualités du vin.

La bière aurait aussi été soumise à des essais de pasteurisation UHF, notamment en URSS (Pasteurisation de la bière, 1984 [184]).

Les sirops de fruits en bouteilles de verre ou en bidons de carton et polyéthylène à fonds et couvercles de fer blanc ne sont pas adaptés aux procédés normaux de pasteurisation. La société Neyret-Chavin de Bourgoin-Jallieu (Isère) a donc développé, en collaboration avec Lambda International d'Enghien (Val-d'Oise), un applicateur UHF de 5,50 m de long, 1 m de large, 12 kW de puissance RF à 2,45 GHz, à bande transporteuse circulant à une vitesse maximale de 15 m.min⁻¹. Le sirop, porté

préalablement à 52°C par un échangeur, passe à 56°C par micro-ondes en 1 min 24 s. La consommation est inférieure à 10 Wh.l⁻¹, soit un coût de 0,003 F du litre, contre 0,019 à 0,027 F en chauffage au fuel. L'applicateur s'insère parfaitement dans la chaîne d'embouteillage, et le taux de destruction des germes serait satisfaisant (division par 1 000). En dépit des faibles températures mises en œuvre, l'effet serait purement thermique (NENIN, 1979 [118] ; MUDGETT et SCHWARTZBERG, 1982 [115] ; BERNARD, 1983 [21]).

4.2.3 Plats préparés

Au début des années 70, KENYON, WESTCOTT et coll. (1971 [90]) traitaient en 9 à 14 min sous 10 kW à 2,45 GHz des rations militaires emballées sous plastique, et concluaient, comme LANDY (1965 [95]), LONG, SHAW et LISLE (1966 [103]) ou JEPSON et HARPER (1967 [85, 86]), à la nécessité de la contre-pression pour empêcher l'éclatement des sachets ; Jeppson et Harper proposaient d'utiliser, comme fluide, une huile minérale dont les faibles pertes diélectriques permettraient une bonne transmission du rayonnement.

L'applicateur mis au point pour l'armée américaine par KENYON, WESTCOTT et coll. (1971 [90]) consistait en un tube de fibre de verre-époxy sous pression de 11 cm de diamètre, muni à ses extrémités de sas pour l'introduction et le retrait des rations, et contenant une bande transporteuse en polypropylène. Ce tube se trouvait placé dans une cavité de 2,88 x 0,69 x 0,66 m³ alimentée par quatre magnétrons de 1,25 à 2,5 kW à 2,45 GHz. La pression dans le tube était de 1 MPa au maximum ; le débit, d'une ration par minute avec un temps de transit de 1 à 12 min et une température finale de 121°C.

Il faut également citer le tunnel P 250 Multitherm mis au point par Alfatar AB à Tumba (Suède), filiale d'Alfa Laval et de Swedish Match. Ce tunnel est conçu pour la stérilisation de produits sous emballage étanche ; il a été testé jusqu'à présent sur des salades en sauce mayonnaise et des desserts préparés à base de fruits. Dans les deux cas, la durée de conservation des produits est portée à cinq ou six mois sans aucun additif, avec des qualités identiques à celles du produit frais. Le Multitherm semble très adapté au goût actuel des consommateurs scandinaves pour les plats semi-préparés et réfrigérés de haute qualité (UHNBOM, 1986 [155] ; Multitherm unveiled, 1983 [183] ; Processing with microwaves, 1985 [186] ; DECAREAU, n.d. [42, 43]).

1. ABARA A., HILL M. The effect of moisture content and enzyme activity on the blanching time of potatoes. *J. Microw. Power*, 16, n° 1, 1981, pp. 31-34.
2. ALEXANDER D. Process parameters for continuous microwave sterilization. In: Proceedings of the IMPI Symposium, Loughborough, 1973, pp. 1-2. (Paper 3.A.L.).
3. AREF M., NOËL J., MILLER H. Inactivation of alpha-amylase in wheat flour with microwaves. *J. Microw. Power*, 7, n° 3, 1972, pp. 215-221.
4. ARMBRUSTER G., BRINK P. Evaluation of microwave blanching of vegetables. In: Proceedings of the IMPI Symposium, Chicago, 1985, pp. 1-2.
5. ASAMI K., HANAI T., KOIZUMI N. Dielectric properties of yeast cells. *J. Membr. Biol.*, 28, n° 2-3, 1976, pp. 169-180.
6. AUSSUDRE S. Etude d'une cavité pour stérilisation de conserves. In: Colloque international des Journées d'Electronique de Toulouse, 7-11 mars 1977, IV-6.
7. AVISSE C. Etude du blanchiment des pêches aux micro-ondes. Publ. INRA, Dijon, s.d., 16 p.
8. AVISSE C., VAROQUAUX P. Microwave blanching of peaches. In: Proceedings of the IMPI Symposium, Waterloo (Can.), 1975, pp. 67-68. (Paper 4.1.).
9. AVISSE C., VAROQUAUX P. Microwave blanching of peaches. *J. Microw. Power*, 12, n° 1, 1977, pp. 73-77.
10. AVISSE C., VAROQUAUX P., DUPUY P. Utilisation des micro-ondes pour le blanchiment des pêches. *C.R. Séances Acad. Agric. Fr.*, 60, n° 10, 1974, pp. 741-749. (C.D.I.U.P.A., n° 77938).
11. AYOUB J., BERKOWITZ D., KENYON E., WADSWORTH C. Continuous microwave sterilization of meat in flexible pouches. *J. Food Sci.*, 39, n° 3, 1974, pp. 309-313. (C.D.I.U.P.A., n° 70693).
12. AZUMA J., ASAI T., ISAKA M., KOSHIJIMA T., Effects of microwave irradiation on enzymatic susceptibility of crystalline cellulose. *J. Ferment. Technol.*, 63, n° 6, 1985, pp. 529-536. (C.D.I.U.P.A., n° 209569).
13. BACH J. Verfahren und Sterilisieren von Wasserenthaltenden organischen Produkten. BRD Patent, n° 1 812 470, 18 Juni 1970.
14. BACH J. Multiple-frequency method for prolonging shelf-life of milk products. *Dtsch. Milchwirtsch.*, 28, 1976, pp. 1376-1377.
15. BALDWIN R., CLONINGER M., FIELDS M. Growth and destruction of Salmonella typhimurium in egg white foam products cooked by microwaves. *Appl. Microbiol.*, 16, n°12, 1968, pp. 1929-1934. (C.D.I.U.P.A., n° 21976).
16. BALDWIN R., FIELDS M., POON W., KORSCHGEN B. Destruction of Salmonellae by microwave heating of fish with implications for fish products. *J. Milk Food Technol.*, 34, n° 10, 1971, pp. 467-470. (C.D.I.U.P.A., n° 40376).
17. BARTHOLIN G., DESCAMPS P., BOUDET B. Problèmes posés par l'industrie de transformation des légumes. 1. Application des micro-ondes au blanchiment. 2. Recherche d'une méthode rapide de contrôle de la qualité bactériologique des matières premières. Paris, DGRST, Action concertée : Technologie Alimentaire et Agricole, Rapport de fin de Contrat n° 72-7-0827, 1974, 48 p. (C.D.I.U.P.A., n° 81866).
18. BELKHODE M., MUC A., JOHNSON D., Thermal and athermal effects of 2.8 GHz microwaves on three human serum enzymes. *J. Microw. Power*, 9, n° 1, 1974, pp. 23-29.
19. BENGTTSSON N., GREEN W., DEL VALLE F. Radio-frequency pasteurization of cured hams. *J. Food Sci.*, 35, n° 5, 1970, pp. 681-687. (C.D.I.U.P.A., n° 29444).
20. BENGTTSSON N., OHLSSON T. Microwave heating in the food industry. *Proc. IEEE*, 62, n° 1, 1974, p. 44.

21. BERNARD J. Traitement micro-ondes. Application à la pasteurisation des boissons. *Bios*, 14, n° 5, 1983, pp. 19-25. (C.D.I.U.P.A., n° 83-5840).
22. BINI M., CHECCUCCI A., IGNESTI A., MILLANTA L., RUBINO N., CAMICI G., MANAO G., RAMPONI G. Analysis of the effects of microwave energy on enzymatic activity of lactate dehydrogenase. *J. Microw. Power*, 13, n° 1, 1978, pp. 95-99.
23. BLANCO J., DAWSON L. Survival of *Clostridium perfringens* on chicken cooked with microwave energy. *Poult. Sci.*, 53, n° 5, 1974, pp. 1823-1830. (C.D.I.U.P.A., n° 80559).
24. BOMAR M., GRUNEWALD T. Zur Frage des nichtthermischen Effektes von Mikrowellen auf Mikroorganismen. *Sci. Technol. Alim.*, 5, n° 5, 1972, pp. 166-171. (C.D.I.U.P.A., n° 50095).
25. BROWN G., MORRISON W. An exploration of the effects of strong radio-frequency fields on micro-organisms in aqueous solutions. *Food Technol.*, 8, n° 8, 1954, pp. 361-366.
26. BRUMMER J., MORGENSTERN G. Massnahmen zur Schimmelbekämpfung bei Brot. VII. Mitt.: Mikrowellenbehandlung bei Brot. *Brot Backwaren*, 33, n° 1-2, 1985, pp. 26-29. (C.D.I.U.P.A., n° 197045).
27. BURDIN J., LAVERGNE E. de. Les bactéries. Paris, P.U.F., 1978, 125 p. (Collection Que sais-je ? n° 53).
28. BURG F. Mikrowellensterilisation bei Schnittbrot. *Brot Gebäck*, 3, 1968, pp. 58-60.
29. CARROLL D., LOPEZ A. Lethality of radio frequency energy upon micro-organisms in liquid, buffered and alcoholic food systems. *J. Food Sci.*, 34, n° 4, 1969, pp. 320-324. (C.D.I.U.P.A., n° 15450).
30. CASTELVETRI F., MASSINI R., MIGLIOLI L., FERRARI C. Impiego delle microonde per la pastorizzazione di paste alimentari fresche. *Ind. Conserve*, 58, n° 4, 1983, pp. 211-218. (C.D.I.U.P.A., n° 192204).
31. CATHCART W. High-frequency heating produces mold-free bread. *Food Ind.*, 18, n° 6, 1946, pp. 864-865.
32. CHEN S., COLLINS J., Mac CARTY I., JOHNSTON M. Blanching of white potatoes by microwave energy followed by boiling water. *J. Food Sci.*, 36, n° 5, 1971, pp. 742-743. (C.D.I.U.P.A., n° 36470).
33. CHEN H., WU C., LIN H., CHUNG C. Effect of microwave and open flame heating on the microbial counts and weight loss of eel. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 42, n° 4, 1976, pp. 405-410. (C.D.I.U.P.A., n° 97642).
34. CHIU C., TATEISHI K., KOSIKOWSKI F., ARMBRUSTER G. Microwave treatment of pasteurized milk. *J. Microw. Power*, 19, n° 4, 1984, pp. 269-272.
35. COLLINS J., Mac CARTY I. Comparison of microwave energy with boiling water for blanching whole potatoes. *Food Technol.*, 23, n° 3, 1969, pp. 337-340. (C.D.I.U.P.A., n° 09865).
36. COMOROSA S. Effect of electromagnetic field on enzymic substrates reply. *Stud. Biophys.*, 44, n° 2, 1966, p. 166.
37. COPSON D. Microwave irradiation of orange juice concentrate for enzyme inactivation. *Food Technol.*, 25, n° 8, 1971, pp. 397-399.
38. CORELLI J., GUTMANN R., KOHAZI S., LEVY J. Effects of 2.6-4.0 GHz microwave radiation on *E. coli*. *J. Microw. Power*, 12, n° 2, 1977, pp. 141-144.
39. CULKIN K., FUNG D. Destruction of *Escherichia coli* and *Salmonella typhimurium* in microwave-cooked soups. *J. Milk Food Technol.*, 38, n° 1, 1975, pp. 8-15. (C.D.I.U.P.A., n° 81399).
40. CUNNINGHAM F., ALBRIGHT K. Using microwaves to reduce bacterial numbers on fresh chicken. *Microw. Energy Appl. Newsl.*, 10, n° 4, 1977, pp. 3-4.
41. DECAREAU R. Microwave research and development at the US Army Natick Research and Development laboratories. *J. Microw. Power*, 17, n° 2, 1982, pp. 127-135.
42. DECAREAU R. Future research developments in microwave technology. Non publ., s.d., 12 p.
43. DECAREAU R. Microwave food-processing equipment throughout the world. *Food Eng. Lab., US Army Natick Res. Dev. Center*, Non publ., s.d., 15 p.
44. DECAREAU R., MUDGETT R. Microwaves in the food processing industry. (Food Science and Technology - a series of monographs). London, Academic Press, 1985, 247 p.
45. DEFICIS, FLAMENT. Etude des effets spécifiques des micro-ondes sur les micro-organismes du lait. Paris, DGRST, Action concertée: Technologie Agricole, Rapport de fin de Contrat n° 73-7-1065, 1974, 32 p. (C.D.I.U.P.A., n° 84027).

46. DELANY E., VAN ZANTE H., HARTMAN P. Microbial survival in electronically heated foods. *Microw. Energy Appl. Newsl.*, 1, n° 3, 1968, pp. 11-14.
47. DEMAUX M., BIDAN P. Etude de l'inactivation par la chaleur de la polyphénoloxylase du jus de pomme. *Ann. Technol. Agric.*, 15, n° 41, 1966, pp. 349-358.
48. DESSEL M., BOWERSOX E., JETER W. Bacteria in electronically cooked foods. *J. Am. Diet. Assoc.*, 37, n° 9, 1960, pp. 230-233.
49. DIETRICH W., HUXSOLL C., GUADAGNI D. Comparison of microwave, conventional and combination blanching of Brussel sprouts for frozen storage. *Food Technol.*, 24, n° 5, 1970, pp. 105-109. (C.D.I.U.P.A., n° 22267).
50. DUNAJSKI E., STECKI W. Usefulness of microwave heating for in-bottle pasteurization of liquids. *Przem. Spoz.*, 25, n° 2, 1971, pp. 80-81.
51. EDWARDS G. Effects of microwave radiation on wheat and flour : the viscosity of the flour pastes. *J. Sci. Food Agric.*, 15, 1964, pp. 108-114.
52. EVANS K., TAYLOR H. Microwaves extend shelf-life of cakes. *Food Manuf.*, 42, n° 10, 1967, pp. 50-51. (C.D.I.U.P.A., n° 00040).
53. EVANS K., TAYLOR H., Las microondas prolongan la conservación de los bizcochos. *Tecnol. Alimenti*, 2, n° 8, 1968, pp. 28-30. (C.D.I.U.P.A., n° 22797).
54. FLEMING H. Effects of high frequency fields on micro-organisms. *Electr. Eng.*, 63, n° 1, 1944, pp. 18-21.
55. FOURNAUD J., LAURET R. Action des micro-ondes sur la flore microbienne de viandes en cours de décongélation ou de produits de charcuterie emballés sous film plastique et sous vide. Paris, DGRST, Rapport de fin de contrat n° 70-02-232, s.d., 9 p.
56. FOURNAUD J., LE POMMELEC G. Qualité bactériologique des plats cuisinés. *Rev. Gén. Froid*, 68, n° 12, 1977, pp. 741-745. (C.D.I.U.P.A., n° 114994).
57. FULLER J., OWINGS W., FANSLAW G. Microwave treated soybeans as a feed-stuff in poultry diets. Communication personnelle du Pr. FANSLAW, 1986, 3 p.
58. GAILLARD M. Etude de la stabilisation des moëts par l'effet non thermique des micro-ondes, essais 1978. Inst. Tech. Vin-SICAREX Sud-Ouest (Rabastens)-C.S.T., session ITV 1979, 6 p.
59. GAZAN C., GRUNDER D., VINCENT A. Utilisation des microondes dans l'industrie de la viande. Paris, DGRST, Action concertée : Technologie Agricole, Rapport de fin de contrat n° 70-02-271, 1971, 71 p. (C.D.I.U.P.A., n° 104784).
60. GERHARDT U., ROMER H. Einfluss von Mikrowellen auf Gewürze. *Fleisch-wirtsch.*, 65, n° 6, 1985, pp. 718-723. (C.D.I.U.P.A., n° 201458).
61. GERHARDT U., ROMER H. Wesen und Eigenschaften von Mikrowellen. *Z. Lebensm.-Technol. Verfahr.-Tech.*, 36, n° 5, 1985, pp. 309-316. (C.D.I.U.P.A., n° 204727).
62. GOLDBLITH S., WANG D. Effect of microwaves on *Escherichia coli* and *Bacillus subtilis*. *Appl. Microbiol.*, 15, n° 6, 1967, pp. 1371-1375. (C.D.I.U.P.A., n° 21961).
63. GRAY O. Method and apparatus for sterilizing. U.S. Patent n° 3 494 722, 10 Feb. 1970.
64. GRAY O. Method and apparatus for controlling micro-organisms and enzymes. U.S. Patent n° 3 494 723, 10 Feb. 1970.
65. GRAY O. Apparatus for controlling micro-organisms and enzymes. U.S. Patent n° 3 494 724, 10 Feb. 1970.
66. GULLETT E., ROWE D., HINES R. Effect of microwave blanching on the quality of frozen green beans. *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.*, 17, n° 4, 1984, pp. 247-252. (C.D.I.U.P.A., n° 206282).
67. HAFEZ Y., MOHAMED A., HEWEDY F., SINGH G. Effects of microwave heating on solubility, digestibility and metabolism of soy protein. *J. Food Sci.*, 50, n° 2, 1985, pp. 415-423. (C.D.I.U.P.A., n° 199523).
68. HAFEZ Y., SINGH G., mac LELLAN M., MONROE-LORD L. Effects of microwave heating on nutritional quality of soybeans. *Nutr. Rep. Int.*, 28, n° 2, August 1983, pp. 413-421. (C.D.I.U.P.A., n° 186685).
69. HAMID M. Sterilization of articles by microwave irradiation. Canadian Patent n° 1034 734, 18 July 1978.

70. HAMID M., BOERNER W., TONG S. Microwave irradiation of potato-waste water. *J. Microw. Power*, 5, n° 1, 1970, pp. 44-46. (C.D.I.U.P.A., n° 104740).
71. HAMID M., BOULANGER R., TONG S., GALLOP R., PEREIRA R. Microwave pasteurization of raw milk. *J. Microw. Power*, 4, n° 4, 1969, pp. 272-275.
72. HAMID M., MOSTOWY N., BHARTIA P. Microwave bean roaster. In : Proceedings of the IMPI Symposium, Milwaukee, 1974, 3 p. (Paper B5-2/1-3).
73. HAMID M., MOSTOWY N., BHARTIA P. Microwave bean roaster. *J. Microw. Power*, 10, n° 1, 1975, pp. 109-114.
74. HAMRICK P., BUTLER E. Exposition of bacteria to 2450 MHz microwave radiation. *J. Microw. Power*, 8, n° 3-4, 1973, pp. 227-233.
75. HELLER J. Effect of high-frequency electromagnetic fields on microorganisms. *Radio Electron.*, 6, 1959.
76. HELLER J., TEIXEIRA-PINTO A. A new physical method of creating chromosomal aberrations. *Nature*, 183, 1959, pp. 905-906.
77. HENDERSON H., HERGENROEDER K., STUCHLY S. Effect of 2450 MHz microwave radiation on horseradish peroxidase. *J. Microw. Power*, 10, n° 1, 1975, pp. 27-35.
78. HOLLEY R., TIMBERS G. Nematosporea destruction in mustard seed by microwave and moisture treatments. *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.*, 16, n° 1, 1983, pp. 68-75. (C.D.I.U.P.A., n° 83-1891).
80. HSIEH S. Biological effects of X-band microwave irradiations on *E. coli*. Thesis Ph. D., Univ. Tulane, 1974.
81. HUXSOLL C., DIETRICH W., MORGAN A. Comparison of microwave with steam or water blanching of corn-on-the-cob. 1. Characteristics of equipment and heat penetration. 2. Peroxidase inactivation and flavor retention. *Food Technol.*, 24, n° 3, 1970, pp. 84-86. (C.D.I.U.P.A., n° 19311).
82. JAYNES H. A research note. Microwave pasteurization of milk. *J. Milk Food Technol.*, 38, n° 7, 1975, pp. 386-387. (C.D.I.U.P.A., n° 85650).
83. JEPSSON M. Microwave blanch, sterilize after packaging. *Food Process.*, n° 12, 1963.
84. JEPSSON M. Aseptic canning of foods having solid or semi-solid components. U.S. Patent n° 3 437 495, 8 April 1969.
85. JEPSSON M., HARPER J. Microwave heating of substances under hydrostatic pressure. U.S. Patent n° 3 335 253, 8 August 1967.
86. JEPSSON M., HARPER J. Microwave heating of substances under hydrostatic pressure. U.S. Patent n° 3 398 251, 20 August 1967.
87. JOLICOEUR G., HACKAM R., TU J. The selective inactivation of seed-borne soybean mosaic virus by exposure to microwaves. *J. Microw. Power*, 17, n° 4, 1982, pp. 341-344.
88. KAMAT G., LASKEY J. Enzyme inactivation in vitro with 2450 MHz microwaves. In : Radiation bioeffects. Summary reports. U.S. Dep. Health, Educ. Welfare, Bureau of Radiological Health, Publ. n° BRH/DBE 70-7, 1970.
89. KENYON E. The feasibility of continuous heat sterilization of food products using microwave power. U.S. Army Natick Lab., Technical Report n° 71-8-F/L, 1970.
90. KENYON E., WESTCOTT D., LA CASSE P., GOULD J. A system for continuous thermal processing of food pouches using microwave energy. *J. Food Sci.*, 36, n° 2, 1971, pp. 289-293. (C.D.I.U.P.A., n° 34594).
91. KLINGER R. Mikrowellenbehandlung von Müsliprodukten. *Lebensm.-Tech.*, 16, n° 9, 1984, pp. 446-450. (C.D.I.U.P.A., n° 192195).
92. KOZLOWSKA H., ROTKIEWICZ D., BOCK H. Inactivation of the enzyme Myrosinase in whole rapeseeds. In : Congrès International sur le Colza, 6, Paris, juin 1983, Paris, CETIOM, s.d., 2, pp. 1466-1471. (C.D.I.U.P.A., n° 191574).
93. LACEY B., WINNER H., Mac LELLAN M., BAGSHAW K. Effects of microwave cookery on the bacterial counts of food. *J. Appl. Bacteriol.*, 28, n° 2, 1965, pp. 331-335.
94. LAMPI R. Flexible packaging in thermoprocessed foods. *Adv. Food Res.*, 23, 1977, pp. 305-428 et *Microw. Process.*, pp. 397-398. (C.D.I.U.P.A., n° 124211).
95. LANDY J. Method of sterilizing food in sealed containers. U.S. Patent n° 3 215 239, 2 Nov. 1965.

96. LANE R., BOSCHUNG M., ABDEL-GHANY M. Absorbic acid retention of selected vegetables blanched by microwave and conventional methods. *J. Food Qual.*, 8, n° 2-3, 1985, pp. 139-144. (C.D.I.U.P.A., n° 209264).
97. LANGLEY J., YEARGERS E., SHEPPARD A. Effects of microwave radiation on enzymes. In : Proceedings of the IMPI Symposium, Loughborough, 1973, 2 p. (Paper 3.B.4/1-2).
98. LECHOWICH R., BEUCHAT L., FOX K., WEBSTER F. Procedure for evaluating the effects of 2450 MHz microwaves upon *Streptococcus faecalis* and *Saccharomyces cerevisiae*. *Appl. Microbiol.*, 17, n° 1, 1969, pp. 106-110.
99. LIN C., LI C. Microwave sterilization of oranges in glass pack. *J. Microw. Power*, 6, n° 1, 1971, pp. 45-47.
100. LIPOMA S. Apparatus for continuous electromagnetic sterilization. U.S. Patent n° 3 718 082, 1971.
101. LIPOMA S. Method for continuous electromagnetic sterilization of food in a pressure zone. U.S. Patent n° 3 889 009, 1972.
102. LOH J., BREENE W. A laboratory microwave sterilizer and its possible application toward improving texture of sterilized vegetables. *J. Food Process. Preserv.*, 7, n° 2, 1983, pp. 77-92. (C.D.I.U.P.A., n° 184000).
103. LONG F., SHAW F., LISLE H. Microwave sterilization and vacuumizing of products in flexible packages and apparatus therefore. U.S. Patent n° 3 261 140, 19 July 1966.
104. LUTER L., WYSLOUZIL W., KASHYAP S. The destruction of aflatoxins in peanuts by microwave roasting. *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.*, 15, n° 3, 1982, pp. 236-238. (C.D.I.U.P.A., n° 83-3742).
105. Mac MILLAN D. Process for pasteurizing and sealing oysters. U.S. Patent n° 3 615 726, 26 Oct. 1971.
106. MASURE M., CAMPBELL H. Rapid estimation of peroxidase in vegetable extracts. *Fruit Prod. J.*, 23, 1944, pp. 369-374.
107. MERIN U., ROSENTHAL I. Pasteurization of milk by microwave irradiation. *Milchwiss.*, 39, n° 11, 1984, pp. 643-644. (C.D.I.U.P.A., n° 194172).
108. METAXAS A. Design of equipment for microwave sterilization of stews. Publ. Electr. Council Res. Centre M 921 (G.B.), 1976.
109. MODERSOHN E. Verfahren zum sterilen Verpacken von Brot, insbesondere von geschnittenem Brot. BRD Patent n° 1 586 178, 26 Aug. 1971.
110. MONK P., STEPHENSON D. Microwave sterilisation of media and membranes. *Food Technol. Aust.*, 37, n° 1, 1985, pp. 14-15. (C.D.I.U.P.A., n° 200637).
111. MOTHIRON J., VIALARD-GOUDOU A., MAUFAS P. Use of an industrial prototype machine for drying and sterilizing pharmaceutical ampoules by microwaves at 2.45GHz. In : Proceedings of the IMPI Symposium, Leuven, 1976. (Paper 4B.3).
112. MOYER J., HOLTGATE K. Cooling after water and electronic blanching. *Food Ind.*, 19, 1947, p. 1370.
113. MOYER J., STOTZ E. The electronic blanching of vegetables. *Science*, 102, n° 2638, 1945, p. 68.
114. MUDGETT R. Microwave properties and heating characteristics of foods, an overview. *Food Technol.*, 40, n° 6, 1986, pp. 84-98. (C.D.I.U.P.A., n° 214710).
115. MUDGETT R., SCHWARTZBERG H. Microwave food processing : pasteurization and sterilization - a review. American Institute of Chemical Engineers, Symposium Series, 78, n° 218, 1982, 11 p.
116. NAUMANN G. Mikrowellenpasteurisierung von Schnittbrot ohne Konservierungsstoffe. *Getreide, Mehl Brot*, 39, n° 10, 1985, pp. 306-309. (C.D.I.U.P.A., n° 191049).
117. NELSON S., POUR-EL A., PECK E. Effects of 42- and 2450-MHz dielectric heating on nutrition-related properties of soybeans. *J. Microw. Power*, 16, n° 3-4, 1981, pp. 313-318.
118. NENIN J. Le chauffage par micro-ondes, homogène et instantané. *Usine Nouv.*, n° 2, 1979, pp. 78-86 et *Stérilis.*, pp. 84, 86.
119. OCKERMAN H., CAHILL V., PLIMPTON R., PARRETT N. Cooking inoculated pork in microwave and conventional ovens. Publication of the Ohio State Univ., Columbus, Wooster, Agric. Res. Dev. Center, 39, n° 11, 1976, pp. 771-773.

120. OGURA K. Sterilization of food by microwave heating. *J. Antibact. Antifungal Agents*, 4, n° 1, 1976, pp. 21-28.
121. OHLSSON T. Possibilities and limits of microwave sterilization. In : Symposium international de Karlsruhe "How ready are ready-to-serve foods?" 23-24 August 1977, Publication n° 309 du SIK, Göteborg, 10 p. (C.D.I.U.P.A., n° 33337).
122. OHLSSON T., BENGTSOON N. Development of a pilot plant microwave food sterilizer and results of preliminary experiments. In : Proceedings of the IMPI Symposium, Loughborough, 1973, 8 p. (Paper 3A.3).
123. OHLSSON T., BENGTSOON N. Dielectric food data for microwave sterilization processing. *J. Microw. Power*, 10, n° 1, 1975, pp. 93-108.
124. OLSEN C. Microwaves inhibit bread mold. *Food Eng.*, 37, n° 7, 1965, pp. 51-53.
125. OLSEN C., DRAKE C., BUNCH S. Some biological effects of microwave energy. *J. Microw. Power*, 1, n° 2, 1966, pp. 45-56.
126. Ô MEARA J., JOHNSON R. Application of microwaves to packaged food sterilization in a helical pump hydrostatic cooker. In : Proceedings of the IMPI Symposium, Monterey, 1971. (Paper 2.6.).
127. Ô MEARA J., TINGA W., WADSWORTH C., FARKAS D. Food sterilization in a microwave pressure retort. In : Proceedings of the IMPI Symposium, Leuven, 1976. (Paper 6B.4).
128. Ô MEARA J., WADSWORTH C., FARKAS D. Microwave heat sterilization of foods in flexible pouches. Publication of the U.S. Army Natick Res. Dev. Command, 1976.
129. PEREIRA F. On the effect of electromagnetic waves on enzyme systems. *Biochem. J.*, 238, 1935, pp. 53-58.
130. PROCTOR B., GOLDBLITH S. Radar energy for rapid food cooking and blanching, and its effects on vitamin content. *Food Technol.*, 2, 1948, pp. 95-104.
131. ROBE K. Improve flavor of pasteurized products. *Food Process. Mark.*, 27, n° 3, 1966, pp. 84-86.
132. ROBERTS P. Viability studies of ascospores and vegetative cells of *Saccharomyces cerevisiae* exposed to microwaves at 2450 MHz. *J. Sci. Food Agric.*, 23, n° 4, 1972, p. 544.
133. ROSEN C. Effects of microwaves on food and related materials. *Food Technol.*, 26, n° 7, 1972, pp. 36-55 (C.D.I.U.P.A., n° 47428).
134. ROSENBERG U., BOGL W. Auftauen, Trocknen, Wassergehaltsbestimmung und Enzyminaktivierung mit Mikrowellen. *Z. Lebensm.-Technol. Verfahren*, 37, n° 1, 1986, pp. 12-19.
135. ROSENBERG U., SINELL H. Reduktion von Bacillus subtilis-sporen bei Mikrowellenerhitzung. *Archiv Lebensm.-Hyg.*, 35, n° 1, 1984, pp. 7-9. (C.D.I.U.P.A., 187898).
136. RZEPECKA M., PEREIRA R. Permittivity of some dairy products at 2450 MHz. *J. Microw. Power*, 9, 1974, pp. 277-288.
137. SAMUELS C., WIEGAND E. Radio frequency blanching of cut corn and freestone peaches. *Fruit Prod. J.*, 28, n° 2, 1948, p. 43.
138. SATO T., FUNAOKA T., SAKAMOTO M. Effects of radio wave heating on mold and preservation of marine foods. *Hokusuisshi Geppo*, 24, n° 10, 1967, pp. 407-415.
139. SMITH K., GRINNEL A. Method and apparatus for preserving foodstuffs. U.S. Patent n° 2 576 862, 27 Nov. 1951.
140. STENSTRÖM L. Heating of products in electromagnetic field. U.S. Patent n° 3 809 845, 1971.
141. STENSTRÖM L. Taming microwaves for solid food stabilization. In : Proceedings of the IMPI Symposium, Ottawa, 1972, pp. 110-112. (Paper 7.4.).
142. STOLKOWSKI J. Les enzymes. 5ème éd. Paris. P.U.F., 1973, 126 p. (Collection Que sais-je ? n° 434).
143. STUCHLY M., STUCHLY S. Industrial, scientific, medical and domestic applications of microwaves. *IEE Proc.*, 130, part A, n° 8, Nov. 1983, pp. 467-503.
144. SWENSON T. Process for pasteurization and enzyme inactivity of fruits by electronic heating. U.S. Patent n° 2 476 251, 12 July 1949.
145. TABORSKAK N., BAŠIĆ V. Mogućnosti primjene mikrovalova u tehnologiji. predrade mlijeka. *Mljekarstvo*, 34, n° 3, 1984, pp. 82-87. (C.D.I.U.P.A., n° 189325).

146. TEIXEIRA-PINTO A., HELLER J. The behaviour of unicellular organisms in an electromagnetic field. *Exper. Cell. Res.*, 20, 1960, pp. 548-564.
147. THOUREL L. Action des micro-ondes sur les enzymes et les micro-organismes. Publication du CERT-ONERA, Toulouse, s.d., 7 p.
148. THOUREL L., MEISEL N. Les applications industrielles du chauffage par micro-ondes. In : Journées d'informations électro-industrielles sur la stérilisation et la pasteurisation. Paris, Document EDF, 1974, pp. 5-6.
149. THOUREL L., PAREILLEUX A., PRIOU A., THOUREL B., AUGÉ C. Microwave specific effects on beer yeast. In : Proceedings of the IMPI Symposium, Waterloo (Can.), 1975, pp. 127-128 (Paper 7.7) et Publication du CERT-ONERA, Toulouse, 12 p.
150. THOUREL L., PAREILLEUX A., THOUREL E., AUGÉ C. Microwaves specific effects on beer yeast. In : Proceedings of the IMPI Symposium, Milwaukee, 1974, 2 p. (Paper A3.4).
151. THOUREL L., THOUREL B. Effet des micro-ondes sur les champignons et les microorganismes. Paris, DGRST, Rapport de fin de contrat n° 74-70821, 1975, 45 p. et Publication CERT-ONERA, Toulouse. (C.D.I.U.P.A., n° 99410).
152. THOUREL L., THOUREL B. Destruction des champignons par hyperfréquences. Paris, DGRST, Action concertée : Technologie Alimentaire et Agricole, Contrat n° 73 7 1103, 21 p. Document n° 1042. Publication du CERT-ONERA, Toulouse, s.d.
153. TIMBERS G., WYSLOUZIL W., KASHYAP S. Inactivation of myrosinase enzyme in mustard seed by microwave heating. *J. Microw. Power*, 17, n° 4, 1982, pp. 324-325.
154. TOCHMAN L., STINE C., HARTE B. Thermal treatment of Cottage cheese "in-package" by microwave heating. *J. Food Prot.*, 48, n° 11, 1985, pp. 932-938. (C.D.I.U.P.A., n° 207901).
155. URNBOM P. Communication personnelle, 13 oct. 1986.
156. VAROQUAUX P. Applications des micro-ondes dans les industries agricoles et alimentaires : blanchiment, pasteurisation, stérilisation. In : Comptes-rendus du Colloque sur les applications industrielles des hautes fréquences et des micro-ondes, 26-27 janv. 1977, 2ème partie, Lyon, Lyon, Univ. Claude Bernard, 1977.
157. VAROQUAUX P., AVISSE C., BUSSIDAN C. Le blanchiment des pois par l'eau et par les micro-ondes. In : Comptes-rendus du 6ème Congrès International de la Conserve, Paris, 1972. 1972, pp. 267-273. (C.D.I.U.P.A., n° 66037).
158. VAROQUAUX P., AVISSE C., NADAL N., COUSIN R. La qualité des pois en conserverie. *Int. Aliment. Agric.*, 91, n° 11, 1974, pp. 1415-1422. (C.D.I.U.P.A., n° 79116).
159. VAROQUAUX P., SAUVAGEOT F., CHAPON M., DUPUY P. Utilisation de micro-ondes pour le blanchiment de lanières de céleri. *Ann. Technol. Agric.*, 28, n° 4, 1979, pp. 387-395. (C.D.I.U.P.A., n° 142517).
160. VELA G., WU J. Mechanisms of lethal action of 2450 MHz radiation on microorganisms. *Appl. Environm. Microbiol.*, 37, n° 3, 1979, pp. 550-553. (C.D.I.U.P.A., n° 131456).
161. WARD T., ALLIS J., ELDER J. Measure of enzymatic activity coincident with 2450 MHz microwave exposure. *J. Microw. Power*, 10, n° 3, 1975, pp. 314-320.
162. WEBB S., BOOTH A. Absorption of microwaves by micro-organisms. *Nature*, 222, n° 5199, 1969, pp. 1199-1200.
163. WEBB S., DODDS D. Inhibition of bacterial cell growth by 136 GHz microwaves. *Nature*, 218, 1968, pp. 374-375.
164. WYSLOUZIL W., KASHYAP S. Microwave sterilization of pea flour and pea protein concentrate. In : Proceedings of the IMPI Symposium, Leuven, 1976, (Paper 6B.3).
165. WYSLOUZIL W., KASHYAP S., A cascading rotary microwave processor. In : Proceedings of the IMPI Symposium, Chicago, 1985, pp. 175-177.
166. YANAI S., YAMADA Y., KIMURA S. Effet des ondes haute fréquence sur le nombre de bactéries contaminant l'amidon (en japonais). *J. Jpn. Soc. Starch Sci.*, 19, n° 4, 1972, pp. 192-194. (C.D.I.U.P.A., n° 58723).
167. YANG Y., JOHNSON J., WIEGAND E. Electronic pasteurization of wine. Fruit prod. *J. Am. Food Manuf.*, 26, 1947, p. 295.

168. YEARGERS E., LANGLEY J., SHEPPARD A., HUDDLESTON G. Effects of microwave radiation on enzymes. *Ann. New York Acad. Sci.*, 247, 1975, pp. 301-304.
169. YORK G. Comparative effects of laser light and microwave energy on micro-organisms. In : Proceedings of the IMPI Symposium, Stanford, 1967. (Abstracts, pp. 33-34).
170. ZIMMER L. Verlängerung der Haltbarkeit von Schnittbrot. *Bäcker Konditor*, 25, n° 2, 1971, pp. 44-46. (C.D.I.U.P.A., n° 30028).
171. Application des micro-ondes au blanchiment. Compte-rendu de fin d'essais dans le cadre d'un contrat DGRST. Stn. exp. Dury. Publication du Centre Technique des Conserves de Produits Agricoles, 1974, 36 p.
172. Blanching of vegetables. *Quick Frozen Food Int.*, 22, n° 4, 1980, pp. 183-184.
173. Divers Comptes-rendus d'essais. Sté IMI-SA, 1977-1980.
174. Electronic sterilization. *Am. Miller Process.*, 73, n° 4, 1945, pp. 43-48.
175. La conservation par irradiation. Informations Thomson-CSF, n° 50, janv.-fév. 1982, pp. 6-9.
176. Method and apparatus for sterilizing. British Patent n° 1 154 752, 11 June 1969, Gray Industries.
177. Méthode et appareil pour contrôler les micro-organismes et les enzymes. Brevet belge n° 717411, 28 juin 1968 et Brevet français n° 1 571 833, 20 juin 1969, Gray industries, correspondant au Brevet américain au nom de Gray (O) n° 688 260 du 5 déc. 1967.
178. Micron, microwave multipurpose inhibitor and sterilizer/pasteurizer. Publication OSHIKIRI Machinery Ltd., 1985, 7 p.
179. Microwave blanching review. *Microw. Energy Appl. Newsl.*, 3, n° 1, 1970, pp. 6-7. (C.D.I.U.P.A., n° 30588).
180. Microwave heating. Leicester, Publ. Magnetronics Ltd., s.d., 8 p.
181. Microwave tunnel for heat treatment of bread. Commercial publication Company Skandinaviska Processinstrument AB, Bromma, s.d., 1 p.
182. Microwave tunnel for heat treatment of potatoes. Commercial publication Company Skandinaviska Processinstrument AB, Bromma, s.d., 4 p.
183. Multitherm unveiled. *Food Manuf.*, 58, n° 12, 1983, pp. 23-24.
184. Pasteurisation de bière. *J. Fr. Electrotherm.*, n° 1, août-sept. 1984, p. 50.
185. Pasteurization of bread with microwaves. Commercial publication Company Skandinaviska Processinstrument AB, Bromma, s.d., 1 p.
186. Processing with microwaves. *Chilton's Food Eng. Int.*, 10, n° 8, 1985, pp. 46-47. (C.D.I.U.P.A., n° 206611).
187. Recent advances in industrial microwave processing in the 896/915 MHz frequency band. Leicester, Publ. Magnetronics Ltd., s.d., 12 p.
188. Stérilisation par micro-Ondes. Publication DIEPAL-CRD, Brive, 1974, 66 p.
189. Teighphysikalische Prüfung mit HF-behandeltem und unbehandeltem Mehl. *Alimenta*, 14, n° 1, 1975, p. 22. (C.D.I.U.P.A., n° 79817).
190. The utilization of microwave ovens for blanching prior to freezing. *Quick Frozen Foods*, 26, n° 4, 1963, pp. 273-284.