

MICROFICHE ETABLI A PARTIR DE  
L'UNITE DOCUMENTAIRE  
N

جديدة منجزة حسب الوثيقة  
رقم:

92 02 75

ROYAUME DU MAROC

المملكة المغربية

المركز الوطني للوثائق  
CENTRE NATIONAL DE DOCUMENTATION

SERVICE DE REPROGRAPHIE  
ET IMPRIMERIE

B-P 826 RABAT



مصلحة الطباعة والتصوير  
ص.ب 826 الرباط

F

1

# APPLICATIONS DE L'IONISATION EN AGRO-ALIMENTAIRE - GENERALITES

Par P BOISSEAU

Commissariat à l'énergie atomique

département de physiologie végétale et écosystème

section ionisation des végétaux

centre de cadarache

## 1- INTRODUCTION

La mise au point des premières applications de l'ionisation dans l'industrie agroalimentaire a débuté dans les années 50 mais ne s'est développée significativement qu'après les conclusions du Comité Mixte d'Experts FAO/AIEA/OMS de Novembre 1980, reconnaissant l'absence de toxicité et de risque nutritionnel. Les applications les plus anciennes, comme l'inhibition de la germination ou la désinsectisation, sont aujourd'hui limitées par la concurrence d'autres techniques. Par contre de nouveaux domaines d'applications, comme les produits frais, se développent.

La dose moyenne utilisée pour une application donnée est comprise entre une valeur minimale permettant d'atteindre l'objectif visé, généralement sur le plan microbiologique, et une valeur maximale fonction d'une part du coût du traitement et d'autre part de la tolérance du produit aux rayonnements.

La plupart des applications commerciales antérieures au milieu des années 80, concernaient essentiellement des produits secs, déshydratés, congelés ou surgelés c'est à dire des produits à faible mobilité moléculaire. Aujourd'hui les progrès en biochi-

mie, physiologie et enzymologie permettent de progresser dans la mise au point d'applications sur des aliments à teneur en eau élevée tels que les produits carnés, produits laitiers, produits de la mer, fruits et légumes frais et enfin produits d'assemblage tels que plats cuisinés.

On peut classer les applications des traitements ionisants par doses croissantes. Il est intéressant de remarquer que les doses les plus couramment utilisées en agroalimentaire varient de 0,10 kGy (kilo Gray) à 40 kGy soit un facteur de l'ordre de 400 ! On comprend aisément que les conséquences sur la matière sont de nature sensiblement différente d'une application à l'autre. Comme pour d'autres traitements physiques tels que le traitement thermique, les effets des rayonnements sont proportionnels à la dose; les recherches actuelles tendent donc vers la mise au point de traitements à des doses plus faibles, éventuellement combinées à d'autres techniques.

## 2 APPLICATIONS A FAIBLES DOSES, INFÉRIEURES A 1 kGy

### 2.1 Inhibition de la germination

De très faibles doses (50 à 150 Gy) permettent un contrôle effi-

cace de la germination des bulbes et tubercules tels que pomme de terre, oignon, ail et échalotte mais aussi igname, gingembre et châtaigne. Les doses employées ne provoquent pas d'effets indésirables sur le pro-

duit. Elles sont fonction de la variété, de la maturité, de l'origine des produits, des conditions d'environnement etc...

L'utilisation d'inhibiteurs chimiques de la germination (chlo-

### DOSES NECESSAIRES DANS DIVERSES APPLICATIONS DE L'IONISATION

BUT	DOSE kGy	PRODUITS
<b>FAIBLE DOSE (jusqu'à 1 kGy)</b>		
a) Inhibition de la germination	0,05-0,15	Pomme de terre Oignon, ail Gingembre
b) Désinsectisation et déparasitage	0,15-0,50	Céréale Légumineuse Fruit frais et sec Poisson et viande
c) Ralentissement d'un processus physiologique	0,50-1,0	Fruit et légume frais
<b>DOSE MOYENNE (de 1 à 10 kGy)</b>		
a) Prolongation de la conservation	1,0-3,0	Poisson frais Fraise
b) Elimination des agents d'altération et des micro-organismes pathogènes	1,0-7,0	Fruit de mer, frais et congelé, Volaille et viande crues ou congelées
c) Amélioration technique des aliments	2,0-7,0	Raisin(augmentation du rendement en jus) Légume déshydraté (diminution de la durée de cuisson)
<b>FORTE DOSE (de 10 à 50 kGy)</b>		
a) Stérilisation industrielle	30-50	Viande, volaille, Fruit de mer, Aliment prêt à l'emploi Ration hospitalière
b) Décontamination de certains additifs et ingrédients alimentaires	10-50	Epice, gomme Préparation d'enzyme

(d'après L'irradiation des produits alimentaires Organisation mondiale de la Santé - 1989)

roisopropyl carbamate CIPC-pour la pomme de terre, hydrazide maléique pour l'oignon) est concurrentielle dans les pays tempérés ou froids mais perd beaucoup de son efficacité dans les pays chauds. L'ionisation est remarquablement efficace si le traitement est effectué pendant la période de dormance, généralement le mois suivant la récolte.

Une très faible dose d'ionisation (10 - 100 Gy) stimule la germination de l'orge, ce qui permet de réduire la durée de maltage et d'augmenter la capacité de production des malteries. Par contre, des doses plus élevées (250 à 500 Gy) n'empêche pas la pousse des germes et des vrilles de l'orge mais retarde sensiblement la croissance des racines. On obtient de la sorte un malt de qualité tout en limitant les pertes associées à la croissance racinaire (cf. paragraphe 3.3).

Une autorisation provisoire de traitement par ionisation des pommes de terre avait été donnée à titre provisoire en France en 1972 mais n'a pas été renouvelée en 1977 devant l'absence de demande. Le traitement des aulx, oignons et échalottes est autorisé définitivement en France à une dose de 0,15 kGy depuis 1984.

Depuis 1973 la coopérative de Shihoro, au Japon traite annuellement environ 30 000 tonnes de pommes de terre, du fait de l'interdiction des inhibiteurs chimiques. De même l'ionisation industrielle d'ail et d'oignon est

pratiquée en République Démocratique Allemande et en Hongrie.

## 2.2 Stérilisation d'insectes

L'utilisation d'insecticides pour réduire le nombre ou éliminer des insectes présente des limites dans son efficacité car les effets ne sont que temporaires du fait de la régénération naturelle des populations.

La technique du mâle stérile découverte en 1937 aux Etats-Unis consiste à lâcher dans une zone bien contrôlée des populations de mâles stérilisés par ionisation. La proportion de mâles stériles devient telle que la probabilité qu'une femelle rencontre un mâle fertile diminue fortement. Des lâchers répétés de mâles stériles entraînent l'élimination progressive de cette population.

Cette technique très séduisante en théorie a été expérimentée dans plusieurs régions bien délimitées, comme l'île de Curacao, le Burkina Fasso, le Niger... pour l'élimination de différents insectes parasites. L'Agence Internationale de l'Energie Atomique mène actuellement un programme d'éradication de différents insectes tels que mouche tsé-tsé, mouches des fruits, moustiques...

La stérilisation des mâles nécessite de très faibles doses d'environ 0,08 kGy à 0,3 kGy.

### **2.3 Désinsectisation et décontamination**

L'ionisation à des doses comprises entre 0,15 et 1 kGy, est utilisée pour la désinsectisation de denrées stockées telles que céréales, noix, fruits et légumes secs, farines, poissons séchés, ou comme traitement de quarantaine.

Les effets des rayonnements sur les insectes ravageurs sont fonction du stade de développement et de l'espèce. Selon les doses, les adultes sont soit stérilisés (0,05 - 0,75 kGy) soit détruits. La dose appliquée sera définie en fonction de l'objectif visé et du coût économique. Un avantage décisif de cette technique réside dans la capacité à traiter les oeufs cachés dans les grains ou les fruits, à la différence de la fumigation chimique. Un conditionnement adéquat mis en place avant ionisation est nécessaire pour éviter toute réinfestation.

L'ionisation, à une dose minimum de 0,15 kGy, est de plus en plus reconnue par les autorités de quarantaine comme un procédé valable pour la désinsectisation, en particulier pour les fruits tropicaux et subtropicaux. Cette technique est parfois la seule efficace à la différence des autres procédés physico-chimiques, pour les fruits notamment. La mouche des fruits ou le charançon sont ainsi détruits par ionisation.

Les fumigants chimiques (dibromure d'éthylène, bromure de

méthyle, phosphine) sont généralement plus compétitifs que l'ionisation et sont largement utilisés mais ils posent quelques problèmes: résidus, développement de formes résistantes... Le dibromure d'éthylène est ainsi de plus en plus controversé et son utilisation interdite en Australie, au Canada, au Japon et aux Etats-Unis. Depuis 1989, l'USDA (US Department of Agriculture) autorise l'ionisation comme traitement de quarantaine pour les papayes en provenance d'Hawaii.

L'ionisation de céréales pour la désinsectisation est utilisée industriellement dans le port d'Odessa, en URSS, depuis 1984, avec des tonnages annuels d'environ 400 000 tonnes. Deux accélérateurs d'électrons de conception soviétique traitent en vrac et en continu les céréales importées, directement débarquées des navires, avant qu'elles ne soient stockées dans des silos protégés contre une réinfestation.

### **2.4 Retard de la maturation et de la sénescence**

Les fruits climactériques subissent une phase de maturation et de sénescence au cours de leur évolution physiologique. Des doses d'ionisation inférieures à 1 kGy, peuvent retarder cette phase dans le cas de fruits tels que papayes ou mangues. L'action de l'ionisation ne se situe donc plus sur les contaminants (insectes, micro-organismes) mais sur le végétal lui-même.

Les légumes ont une évolution physiologique différente des fruits; l'ionisation est alors de préférence utilisée pour en retarder la sénescence.

Chaque végétal répond d'une manière spécifique à l'ionisation, en fonction de nombreux paramètres tels que la variété, le stade physiologique, etc... L'ionisation appliquée pendant la phase post-climactérique d'un fruit est inefficace quant au blocage de la maturation. L'ionisation agit différemment sur la production d'éthylène d'un fruit à l'autre. La mise au point du procédé doit alors se faire cas par cas et prendre en compte la réaction du végétal à l'ionisation sur le plan des caractéristiques organoleptiques mais aussi du métabolisme. Les modifications de la valeur nutritionnelle sont généralement insignifiantes à ces doses.

L'action des rayonnements ionisants sur le blocage de la maturation est complexe et nécessite

des recherches avancées sur la physiologie des organes végétaux après récolte. Ce type de recherche ne se développe que depuis quelques années, particulièrement en France. Cependant de nombreux essais ont déjà été menés dans le monde entier sur des fruits tropicaux (avocat, banane, mangue, papaye) ou sur certains légumes (champignon, tomate, endive, asperge).

Le stockage réfrigéré en atmosphère modifiée ou en présence de capteurs d'éthylène est actuellement utilisé mais s'applique parfois mal à certaines denrées comme les fruits tropicaux. Afin d'éviter des effets secondaires sur les qualités sensorielles, le traitement ionisant peut alors être combiné à d'autres procédés. Une ionisation suivie d'un traitement thermique (exemple: 50°C pendant 5 minutes) permet de retarder la maturation et de contrôler les maladies de certains fruits tels que mangue et papaye.

## REPONSE DE QUELQUES FRUITS A L'IONISATION

(d'après Akamine et Moy, 1983)

EFFET	REPONSE DU FRUIT	FRUIT
POSITIF	MATURATION RETARDEE	Banane Mangue Papaye
	SENESCENCE RETARDEE	Cerise Abricot Papaye
	CONTROLE DES MALADIES PENDANT LE STOCKAGE	Tomate Fraise Figue
NEGATIF	DEGRADATIONS APRES TRAITEMENT	Poire, Avocat Citron, Orange Pamplemousse Concombre
	MATURATION ACCELEREE	Olive, Prune Pomme, Raisin Pêche Nectarine
	FAIBLE SENSIBILITE A L'IONISATION	Ananas Lychee

(tiré de Ionizing Energy in Food Processing and pest Control II Council for Agricultural Science and Technology n°1151989)

### **3 LES APPLICATIONS A DOSES MOYENNES, DE 1 A 10 kGy**

#### **3.1 Pasteurisation à froid. Augmentation de la durée de conservation**

L'une des principales applications de l'ionisation des aliments concerne la destruction des micro-organismes responsables d'altération ou de la détérioration du produit. La plupart de ces micro-organismes contaminant les denrées fraîches telles que produits carnés, produits de la mer, fruits et légumes, sont radiosensibles.

De nombreux ingrédients secs, en particulier les épices et les herbes aromatiques, produits principalement dans les Pays en développement, peuvent être contaminés par des micro-organismes parfois pathogènes pour l'homme. L'utilisation de tels ingrédients lors de transformations ultérieures pour la fabrication de produits d'assemblage (Plats cuisinés, charcuterie...) pose des problèmes de contamination et représente parfois un risque pour la santé.

Dans la plupart des cas, l'ionisation de ces ingrédients ou de ces aliments à des doses comprises entre 5 et 8 kGy réduit la charge microbienne de 1000, voire 100000 germes par gramme, essentiellement des bactéries, des levures ou des moisissures. La durée de conservation de ces produits en est augmentée de manière plus ou moins importante.

La dose d'ionisation est définie en fonction de la résistance spécifique de la flore de contamination au rayonnement ionisant (Dose de réduction décimale:  $D_{10}$ ) et de la sensibilité du produit à l'ionisation (dégradations des caractéristiques sensorielles, fonctionnelles...). Ainsi l'ionisation de produits secs ou déshydratés peut se faire à des doses supérieures à celle des produits frais, où l'ionisation doit généralement être combinée à d'autres procédés afin d'éviter des changements de texture, de couleur, d'odeur (cf. paragraphe 5).

Afin d'optimiser cette augmentation de durée de vie, la qualité de la matière première est primordiale. L'ionisation, comme d'autres techniques de conservation, ne peut améliorer la qualité de denrées de qualité médiocre ou mauvaise. De ce fait il est préférable de traiter les produits le plus tôt possible après récolte ou fabrication. Certaines installations d'ionisation sont ainsi intégrées sur les chaînes de fabrication.

La fumigation par oxyde d'éthylène pour la décontamination de ces produits est de plus en plus limitée, voire interdite depuis quelques années. En effet, des effets carcinogènes et mutagènes de l'oxyde d'éthylène ont été mis en évidence.

Le traitement industriel par ionisation des épices, des plantes aromatiques et des légumes déshydratés est pratiqué depuis plusieurs années en Europe



(Pays-Bas, Belgique, France...) et aux États-Unis, et constitue aujourd'hui une des principales applications des rayonnements ionisants en agro-alimentaire. L'ionisation des légumes déshydratés (10 kGy), de la gomme arabique (9 kGy), des mélanges flocons/germes de céréales (10 kGy), des épices (11 kGy), des produits du sang (10 kGy), de la farine de riz (5 kGy) et des fraises (3 kGy) est autorisée en France pour la débactérisation et l'augmentation de la durée de conservation.

### **3.2 Élimination des germes pathogènes et des parasites pour l'homme**

Les maladies d'origine alimentaire provoquées par les microorganismes constituent un problème de gravité croissante pour les industries de la transformation alimentaire et de la restauration, spécialement dans les Pays développés. La centralisation de la production de denrées alimentaires (élevages, industries de transformation) conjuguée au développement de la restauration collective créent des conditions telles qu'une intoxication d'origine alimentaire peut, à partir d'une source unique, se propager rapidement et provoquer de graves problèmes de santé sur une très grande étendue.

**La décontamination des aliments principalement d'origine animale, en vue de prévenir les intoxications alimentaires, constitue une application potentielle très importante de**

**l'ionisation. Cette technologie est alors très efficace si elle est employée en complément des bonnes pratiques de fabrication.**

La dose relativement faible nécessaire pour détruire les bactéries pathogènes non sporulées qu'on trouve dans les aliments, par exemple *Salmonella* spp., *Campylobacter jejuni*, *Listeria monocytogenes* et *Yersinia enterocolitica*, fait de cette technique un moyen très efficace comme traitement barrière contre ces microorganismes. La combinaison de l'ionisation avec un contrôle strict du stockage réfrigéré s'avère indispensable pour l'élimination des risques dus à *Clostridium botulinum*, du fait de la relative radiorésistance de cette bactérie.

L'ionisation pratiquée dans des conditions industrielles normales, à des doses qui n'entraînent pas de transformations inacceptables du produit alimentaire, élimine les bactéries pathogènes non sporogènes présentes dans les produits d'origine animale tels que viande rouge, volaille ou poisson. Le traitement est généralement pratiqué sur le produit emballé, évitant toute recontamination.

Des aliments tels que le maïs ou les crevettes, susceptibles d'être contaminés par des microorganismes toxigènes, doivent être traités par ionisation ou par tout autre procédé avant la production de la toxine puis stockés dans des conditions inhibant toute biosynthèse de la toxine.

**L'ionisation à faible dose est comparable à la pasteurisation, détruisant les microorganismes pathogènes mais incapable d'inactiver les spores bactériennes (*Clostridium* et *Bacillus*), les mycotoxines ou les toxines bactériennes.**

Le traitement et la distribution de ces produits peuvent se faire à l'état frais ou congelé. Une dose de 2 à 7 kGy suffit à neutraliser les agents pathogènes présents dans la volaille, la viande, les ovo-produits, les crevettes et les cuisses de grenouille congelées, sans entraîner de transformations rédhibitoires du produit. La dose d'ionisation sera fonction de la bactérie, de son substrat et des conditions de traitement. L'ionisation d'un produit congelé nécessite des doses légèrement plus élevées que dans le cas d'un produit frais. Les caractéristiques organoleptiques de l'aliment seront en général mieux préservées dans le cas d'un traitement à basse température.

L'ionisation à des doses faibles (0,3 kGy pour la *Trichinella*) est efficace dans l'élimination des parasites rencontrés dans la viande fraîche, principalement des vers (helminthes) du genre *Trichinella spiralis* et *Taenia solium* dans la viande de porc, et *Taenia saginata* dans la viande de boeuf. Peu de données positives exis-

tent quant à l'élimination de parasites tels que les larves d'*Anisakis*, dans les produits marins.

Les autorisations de traitement par rayonnement ionisant pour l'élimination des germes pathogènes ou des parasites dans les produits d'origine animale sont de plus en plus nombreuses dans le monde. Ces applications de l'ionisation sont parfois irremplaçables pour résoudre certains problèmes de Santé publique.

Les Etats-Unis préparent une autorisation jusqu'à 3 kGy pour l'élimination des bactéries pathogènes dans la volaille. Le traitement des produits de la mer par rayonnement ionisant est autorisé au Bangladesh, Brésil, Canada, Chili Inde, Pays-Bas, Thaïlande et Belgique. En France, l'ionisation de la viande de volaille séparée mécaniquement (VSSM) surgelée est autorisée à une dose de 5 kGy, celui des cuisses de grenouille surgelées à 8 kGy. Une demande est en cours d'examen pour les crevettes décortiquées congelées (5 kGy), le blanc d'oeuf (4 kGy), la volaille pré-découpée (5 kGy) et les fromages à pâte molle (3 kGy).

Une installation industrielle intégrée est en fonctionnement en Bretagne pour le traitement des VSSM depuis 1986 (cf. chapitre sur les viandes de volaille).

**RADIORESISTANCE DE QUELQUES BACTERIES PATHOGENES  
DANS LA VIANDE ROUGE ET LA VOLAILLE (d'après FARKAS, 1987  
et STEGEMAN, 1988)**

GENRE	DOSE DE REDUCTION DECIMALE (en kGy)
Campylobacter	0,08-0,16
Escherichia	0,30-0,55
Listeria	0,20-1,10
Salmonella	0,31-1,30
Staphylococcus	0,34
Streptococcus	0,69-1,20
Yersinia	0,04-0,21

(tiré de Ionizing Energy in Food Processing and pest Control II  
Council for Agricultural Science and Technology n°1 15)

### **3.3 Amélioration des propriétés technologiques**

Alors qu'ils peuvent paraître comme négatifs sur des aliments, certains effets des rayonnements ionisants sont mis à profit pour des applications particulières. Ainsi la cassure de longues molécules telles que cellulose, amidon, pectine ou peptide, à l'origine de la perte de texture des aliments, est parfois recherchée et perçue alors comme une amélioration de la qualité. Les doses utilisées vont de 0,1 à 10 kGy.

Les soupes prêtes à l'emploi sont généralement constituées de légumes déshydratés dont le temps de réhydratation varie d'un légume à l'autre. L'ionisation de ces légumes permet de réduire la taille des molécules d'amidon ce qui diminue le temps de réhydratation. De la même manière, le temps de cuisson de certains aliments peut être raccourci.

L'ionisation de farine de blé modifie la valeur boulangère et la levée de la pâte à pain par altération de l'amidon et de la fraction protéique.

L'ionisation augmente de manière significative le rendement en jus de raisin sans en affecter la qualité, lors de la fabrication du vin. Le séchage de fruits tels que le pruneau est également amélioré. Ces réactions sont dues à l'altération des parois pectocellulosiques.

La tendreté de morceaux de viande peut être augmentée par ionisation, du fait de la destruction des microorganismes alors que les enzymes non inactivées continuent de dégrader les protéines.

Ces changements de propriétés sont encore peu exploités au plan industriel mais les recherches tendent à se développer dans le cas de l'ionisation de pro-

duits complexes, plats cuisinés par exemple, où certaines fractions telles que les sauces, ont leurs propriétés modifiées alors que le produit est traité dans un autre objectif, pour le contrôle microbien par exemple.

#### **4 LES APPLICATIONS A FORTES DOSES, SUPERIEURES A 10 kGy. LA STERILISATION.**

L'élimination totale des microorganismes par ionisation est une application peu utilisée commercialement sur des aliments. L'utilisation de doses élevées modifie sensiblement certaines caractéristiques des denrées et les rend inacceptables pour le consommateur. Les recommandations des organismes internationaux tels que le Codex Alimentarius, concernent l'utilisation de doses inférieures à 10 kGy. L'emploi de doses stérilisantes, de plusieurs kilograys, constituent dans la majorité des pays une dérogation particulière. De ce fait, les applications sont aujourd'hui limitées à quelques cas spécifiques.

La grande majorité des travaux sur la stérilisation d'aliments par ionisation, plus spécialement pour les produits carnés ou de la pêche, ont été menés par l'armée américaine entre 1953 et 1981, dans l'objectif de mettre au point des rations de combat bien acceptées par les soldats. Les doses utilisées sont très élevées et peuvent atteindre 50 kGy (soit 12 fois la  $D_{10}$  de *Clostridium botulinum*) ! Une dose minimum de 20 kGy est nécessaire pour une sécurité microbiologique.

Les aliments stérilisés par ionisation sont également parfois utilisés dans certains régimes en milieu hospitalier, pour les personnes immuno-déprimées par exemple. La viande, le poisson, les légumes, les mélanges de céréales, des pâtisseries, des plats complets, des boissons en poudre peuvent être ainsi stérilisés. Traités congelés, ces aliments sont stockés à basse température jusqu'à leur consommation.

Les aliments stérilisés par rayonnement ionisant semblent en général mieux acceptés par les consommateurs que les denrées stérilisées par la chaleur: leur sapidité est meilleure, leur variété plus large et les qualités nutritionnelles plus grandes.

Les conditions de traitement telles que température et emballage, sont extrêmement importantes pour la qualité finale de l'aliment; ainsi la plupart des stérilisations par ionisation se font sur le produit congelé afin d'éviter le développement d'odeurs désagréables (-30°C dans le cas des expériences américaines). La denrée traitée est généralement conditionnée dans un emballage adéquat, primordial pour éviter toute recontamination ou toute altération par des agents extérieurs (lumière, oxygène).

La stérilisation d'aliments pour le milieu hospitalier est pratiquée en République Fédérale d'Allemagne, aux Pays-Bas et au Royaume-Uni.

En France, les rations pour ani-

maux de laboratoires sont la plupart du temps stérilisées par ionisation, depuis 1982. Cette technique permet en effet de nourrir des lots témoins sans germe tout en gardant l'appétance des rations.

La stérilisation par ionisation

devrait avoir un avenir dans le cas de l'alimentation de populations spécifiques telles que voyageurs aériens, malades en centre de soin, campeurs, etc... Certains programmes spatiaux américains ont déjà recours à de tels aliments pour l'alimentation des astronautes.

**DOSES MINIMUM DE STERILISATION DE DIFFERENTS ALIMENTS  
(d'après Wierbicki, 1984)**

<b>ALIMENT</b>	<b>TEMPERATURE PENDANT LA STERILISATION</b>	<b>DOSE MINIMUM (moyenne)</b>
	°C	kGy
Bacon	5 à 25	28
Boeuf	-40 à -20	39
Boeuf	-90 à -70	57
Jambon	5 à 25	33
Jambon	-40 à -20	35
Corned beef	-40 à -20	25
Crevette	-40 à -20	37
Porc	5 à 25	45
Porc	-40 à -20	44
Poulet	-40 à -20	45

(tiré de Ionizing Energy in Food Processing and pest Control II  
Council for Agricultural Science and Technology n°115  
1989)

## **5 LES TRAITEMENTS COMBINÉS**

Le traitement de certains aliments par ionisation seule ne permet pas toujours d'atteindre l'objectif fixé. Il est alors possible de le combiner avec d'autres traitements. Ce peut être le cas lorsque:

- a) la dose nécessaire pour un objectif visé n'est pas supportable par le produit
- b) l'ionisation ne permet pas d'atteindre le résultat escompté
- c) le coût de l'ionisation est trop élevé.

### **5.1 Ionisation et réfrigération**

Les traitements combinant ionisation et réfrigération sont particulièrement intéressants. Des doses moyennes combinées à une conservation entre 0 et 5°C pour le traitement de produits frais procurent un effet synergique. Dans ce cas, l'ionisation seule ne serait pas efficace dans la mesure où la dégradation du produit n'est pas seulement d'origine bactérienne (autolyse, oxydation). Cette combinaison est utilisée pour l'ionisation des fruits et légumes frais, par exemple.

### **5.2 Ionisation et traitement par la chaleur**

La combinaison de la chaleur avec un traitement ionisant réduit sensiblement les doses à utiliser. Ainsi, l'inactivation des enzymes autolytiques de la viande nécessite des doses d'environ

200 kGy soit près de 5 fois les doses stérilisantes; un chauffage à 80°C inactive ces enzymes et permet de n'utiliser que des doses de pasteurisation, inférieures à 10 kGy

Pour des fruits tels que les papayes, le contrôle de la flore fongique nécessite des doses trop élevées pour le fruit. Un pré-trempeage dans l'eau chaude (une cinquantaine de degrés pendant quelques minutes) aboutit à l'élimination des levures et moisissures. L'ionisation est ensuite utilisée pour la désinsectisation, à des doses infiniment plus faibles. La combinaison des deux traitements permet un contrôle des deux types de contaminations.

### **5.3 Ionisation et emballage**

Un emballage sous vide est parfois nécessaire pour la conservation de denrées dans la mesure où certains microorganismes ont besoin d'oxygène pour leur développement. L'ionisation intensifie les oxydations des autres constituants de la matière, en particulier des graisses, provoquant des odeurs désagréables. Un traitement sous atmosphère inerte peut éviter ce désagrément.

### **5.4 Ionisation et déshydratation**

La réduction de l'activité de l'eau est un procédé ancien d'inhibition du développement microbien. De fortes concentrations en sucre ou en sel sont ainsi utilisées pour conserver certains

fruits ou poissons. L'ionisation peut être combinée à ces procédés afin de réduire la teneur en sel ou en sucre et améliorer ainsi la qualité de l'aliment tout en réduisant son coût de production.

### **5.5 Ionisation et traitements chimiques**

Un traitement ionisant peut être judicieusement combiné à certains procédés mettant en œuvre

des substances chimiques afin d'en réduire les concentrations. C'est le cas des nitrites dans la viande ou la charcuterie, pour la prévention de *Clostridium botulinum*. L'adjonction de nitrite aboutit à la formation de nitrosamines cancérigènes. La combinaison avec l'ionisation permet de réduire sensiblement la concentration de nitrites et par conséquent la formation de nitrosamines.

## **BIBLIOGRAPHIE**

Edward S. JOSEPHSON, Martin S. PETERSON  
PRESERVATION OF FOOD BY IONIZING RADIATION (volumes II et III)  
CRC Press, Florida  
1983

Walter M. URBAIN  
FOOD IRRADIATION  
Food Science and Technology - a series of monographs  
Academic Press  
1986

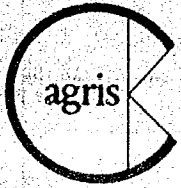
Anonyme  
IONIZING ENERGY in Food Processing and Pest Control  
II. Applications  
Task Force Report N°115  
Council for Agricultural Science and Technology, USA  
June, 1989

Anonyme  
FOOD IRRADIATION  
A technique for preserving and improving the safety of food  
World Health Organization, Geneva  
1988

P. LOAHARANU  
FOOD IRRADIATION: A CONTRIBUTION TO FOOD SAFETY AND HEALTH  
IAEA Yearbook  
International Atomic Energy Agency, Vienna  
1989

# BORDEREAU D'ENTREE DES DONNEES

AGRIS Formulaire 1 (Rev. 5)F



001 

C	F	ANNEE	NUMERO DE SERIE
V	A	82	00049

 002 

1	2
---	---

 003 

REVISION	RETRAIT
R	W

 004 

NOUVEAU	SUBSTITUE	SUPRIME
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

 005 

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

006 

TRADUCT.	GENERIC.
T	/

 007 

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

008 

Q	0	2							
---	---	---	--	--	--	--	--	--	--

1 009 **A** Utiliser un bordereau pour chaque niveau bibliographique A, M ou C, cerclé en 009, en partant du niveau le plus spécifique (c'est-à-dire la gauche) et reporter le code correspondant en 009. Pour le niveau bibliographique S, utiliser la section 2 du bordereau. Pour les descripteurs AGROVOC, les termes d'indexation du vocabulaire local et les résumés utiliser les sections 3 à 5 au verso.

		Bibliographique	Données (A dactylographier)
Auteur (s) Personne physique (Affiliation (s))	100		Buisseau, P. (Commissariat à l'Énergie Atomique (France), Section Ionisation des Végétaux)
	110		
Collectivité(s) auteur(s)	110		
Titre universitaire	111		
Titre anglais	200		[Application of ionization in agroindustrial system: generalities]
	201		
Réunion	210		Traité d'Information sur la Conservation des Denrées Alimentaires par Ionisation
	211		Creteil (France)
	213		20 avril 1992
Titre original (Translit.)	230		Applications de l'ionisation en agro-alimentaire : gé- néralités
	231		
Edition (N°)	250		
No. E. rapport/brevet	300		
Nos. secondaires	310		
ISBN/IPC	320		
Adresse bibliographique	401		Lieu de publication
	402		Editeur
	403		Date de publication
Collation	500		
Langue (s) du texte	600		(Fr.)
Notes	610		4 tables.

2 009 **S** NIVEAU

Titre de publication en série	230		Titre principal
	231		Éléments secondaires
ISSN	320		
Date de publication	403		
Collation	500		
Notes	610		



3

009 9 / EN 009 9 / ES 009 9 / (FR)

Code de langue des descripteurs (cercle obligatoirement celui qui convient)

	Etiquette	Données (à dactylographier)
Descripteurs AGRIVOOC pour l'index matière dans Agrindex	800	...IONISATION; SECTEUR AGROINDUSTRIEL (PRIMAIRE)
Autres descripteurs AGRIVOOC		(Séparer les descripteurs par un point virgule (;) et un espace. Faire précéder les propositions de nouveaux descripteurs par un point d'interrogation (?))  /  (laisser un espace après la barre oblique (/))
Commentaires sur les descripteurs existants ou proposés	810	

4

009 9 /

Code de langue des termes d'indexation

Termes d'indexation du vocabulaire local	82	

5

009 X / FR

Code de langue du résumé

Langue du résumé en clair	850	
Résumé	860	Après des différentes méthodes et dans d'applications de l'ionisation en agro-alimentaires; applications dont les buts principaux sont: l'inhibition de la germination, la désinsectisation, la décontamination des végétaux, et enfin le retard de la maturation et de la sénescence de ceux-ci.

l'ionisation

98.10.6 98.0275

**FIN**

النهاية

**18**

مشاهد

**VUES**