

2. Conservation par le froid



0

0

Conservation par le froid	Conservation par le froid
	<p><input checked="" type="checkbox"/> Le froid</p> <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="margin-right: 20px;">  </div> <div> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Retardent le développement des <i>micro-organismes</i> ✓ Retardent les réactions <i>chimiques</i> et <i>enzymatiques</i> d'altération </div> </div> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Les enzymes et les réactions chimiques sont considérablement ralenties à des températures basses (<math><5^{\circ}\text{C}</math>), alors que la majorité des microorganismes ne sont plus capables d'activité métabolique à des températures inférieures à -5°C. ▪ Les autres processus de détérioration (certaines réactions enzymatiques, chimiques et physico-chimiques) ne peuvent pas être arrêtés au-dessus de -30°C, mais en pratique, on se contente d'une température avoisinant les -20°C comme température finale.

1

1

Conservation par le froid **Conservation par le froid**

Intérêt du froid comme moyen de conservation

- À la différence des méthodes destructives qui modifient les caractéristiques de l'aliment (stérilisation...), le froid constitue la 1^{ère} technique de conservation qui préserve les *qualités originelles* de l'aliment.
- Dans les aliments se manifestent :
 - ✓ **Respiration** (fruits et légumes)
 - ✓ Réactions biochimiques catalysées par les enzymes (oxydation, protéolyse ou lipolyse).

- ✓ 4 500 millions tonnes p. agricole et p. pêche
- ✓ 350 millions tonnes conservées par le froid
- ✓ 40 % de l'alimentation des pays industrialisés (1,2 milliard d'habitants)

2

2

Conservation par le froid **Conservation par le froid**

Inhibition de la croissance microbienne

- ✓ Le froid permet de ralentir le développement des microflores d'altération thermophiles et mésophiles.
- ✓ Celles-ci sont inhibées totalement lorsque la température de réfrigération est au-dessous de *la température minimale* de leur croissance T_{min} .

croissance

Population

temps

μ

M. Cardinal avec inflexion

μ_{opt}

T_{min} T_{opt} T_{max}

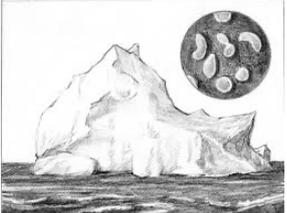
Viser les températures minimales ou inférieures !

3

3

Conservation par le froid				Conservation par le froid			
Températures cardinales de Croissance microbienne				Températures cardinales de quelques bactéries pathogènes			
	Tmin (°C)	Topt (°C)	Tmax (°C)		Tmin (°C)	Topt (°C)	Tmax (°C)
Thermophiles	40-45	55-75	60-90	<i>B. cereus*</i>	4-15	28-35	40-55
Mésophiles	5-15	30-40	40-47	<i>Campylobacter</i>	32	42-45	45
Psychrophiles	-5 - +5	12-15	15-20	<i>C. botulinum</i> Gpe I	10	35	50
Psychrotrophes	-5 - +5	25-30	30-35	<i>C. botulinum</i> Gpe II	3	30	45
				<i>C. perfringens</i>	12	43-47	50
				<i>E. coli</i>	7	35-40	46
				<i>L. monocytogenes</i>	0-4	30-37	45
				<i>Salmonella</i>	5	35-37	45-47
				<i>S. aureus**</i>	7	35-40	48

▪ **Micro-organismes psychrophiles et psychrotrophes**



Les psychrophiles sont rencontrés en milieu alimentaire, mais plutôt dans les régions polaires (ex: *Arthrobacter glacialis*, *Vibrio psychroerythreus*) :

- ✓ T_{min} allant de -5 à $5^{\circ}C$
- ✓ T_{opt} avoisine les $15^{\circ}C$
- ✓ T_{max} n'excède pas $20^{\circ}C$

4

Conservation par le froid		Conservation par le froid	
		<p>Les psychrotrophes sont mieux connus en milieu alimentaire (ex: <i>Pseudomonas</i>, <i>Acinetobacter</i>, <i>Weissella viridescens</i>, <i>Lactobacillus plantarum</i>, <i>Leuconostoc</i> sp.) :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ T_{min} proche de $0^{\circ}C$ ✓ T_{opt} entre 25 et $30^{\circ}C$ ✓ T_{max} n'excède pas $35^{\circ}C$ 	
<p>Il y a peu de micro-organismes pathogènes parmi les psychrotrophes et la conservation à $+3^{\circ}C$ protège théoriquement du risque de toxi-infection.</p> <p style="text-align: center;">Mais ...!</p> <p>Je suis là... !</p> <div style="display: flex; align-items: flex-start;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>Listeria monocytogenes est c'est un germe psychrotrophe pathogène ; très étudiée actuellement à cause d'épidémies récentes. Elle est caractérisée par une croissance faible à $0^{\circ}C$</p> <p>Yersinia enterocolitica pathogène qui se développe jusqu'à $2^{\circ}C$ dans le lait</p> <p>Bacillus cereus peut produire ses toxines dans les denrées réfrigérées</p> <p>Clostridium botulinum type E peut produire ses toxines jusqu'à $6^{\circ}C$.</p> </div> </div>			

5

Conservation par le froid	La réfrigération
<p><input checked="" type="checkbox"/> La réfrigération</p> <ul style="list-style-type: none"> Elle consiste à refroidir puis entreposer les aliments à une température basse, <i>proche du point de congélation</i> (mais positive par rapport à celui-ci). Elle est utilisée pour la conservation des aliments périssables à court et moyen terme. La durée de conservation (quelques jours à plusieurs semaines) dépend : <ol style="list-style-type: none"> la nature du produit la température l'humidité relative le type de conditionnement. 	
 <p>✓ 5 à 7°C ✓ 7 à 10 jours</p>	 <p>✓ -1 à 5 °C ✓ 3 à 8 mois</p>
 <p>✓ 0 à 10°C ✓ 5 jours à 6 semaines</p>	 <p>✓ 0°C ✓ 1 à 2 semaines</p>
6	

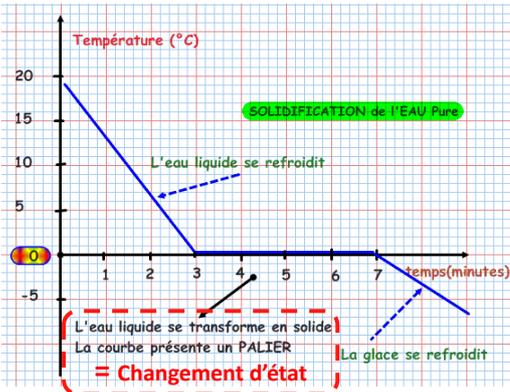
6

Conservation par le froid	La réfrigération
<ul style="list-style-type: none"> Après abattage, les carcasses de viande sont introduites dans des chambres de ressuyage pour les refroidir à 7°C à cœur. 	
 <p>Pour la viande comme de bœuf, la réfrigération conduit à une contracture des muscles si la température est <12°C avant la <i>rigor mortis</i>.</p>	
<ul style="list-style-type: none"> Les fruits introduits dans des chambres froides qui peuvent être dotées d'une <i>atmosphère contrôlée</i> comme complément du froid pour améliorer la conservation. 	
<p>Du fait de la chaleur latente de vaporisation de l'eau</p>	<p>Lors de la réfrigération, une partie de l'eau du produit s'évapore</p>
<p>Elle a un effet accélérateur sur l'abaissement de la température</p>	<p>Elle conduit à des pertes en eau qui peuvent atteindre 2 à 3 % de la masse du produit.</p>
<p>Le froid choc ou la brumisation (apporte des gouttelettes d'eau) permettent de réduire les pertes en eau.</p>	
7	

7

Conservation par le froid	La réfrigération
<p><input type="checkbox"/> Les règles de <i>Monvoisin</i></p> <p>Les premières règles à respecter pour la maîtrise de la qualité des produits réfrigérés ont été établies par <i>A. Monvoisin</i>. Elles sont résumées dans la formule synthétique dite du <i>trépied frigorifique</i> :</p>	
<p>1 La réfrigération doit s'appliquer à des aliments initialement sains</p>	
<p>2 Froid précoce, appliqué le plus tôt possible après la cueillette ou la récolte des produits végétaux, la pêche, l'abattage des animaux ou la traite du bétail</p>	
<p>3 Froid continu, son maintien pendant toute la durée de son cycle commercial (production à la consommation), en limitant au minimum les fluctuations de température.</p>	
<p>Les règles de <i>Monvoisin</i> sont aussi applicables aux denrées congelées et surgelées.</p>	
8	

8

Conservation par le froid	Congélation/Surgélation
<p><input checked="" type="checkbox"/> La congélation et la surgélation</p>	
<p> Le changement d'état ?</p>	
<p>La congélation lente</p> <p>Le refroidissement s'effectue lentement ; les premiers cristaux seront gros et apparaîtront essentiellement à l'extérieur des cellules.</p>	
<p></p>	
<p>→ ✓ Cristallisation de l'eau extracellulaires (concentration en soluté ↓ que dans les cellules). Ce phénomène ↑ la concentration en soluté extracellulaires : cela crée, par osmose, un appel d'eau en provenance des cellules. Celles-ci se déshydratent, deviennent plasmolysées.</p>	
<p>→ ✓ Une cristallisation intracellulaire qui se fait à une température plus basse.</p>	
9	

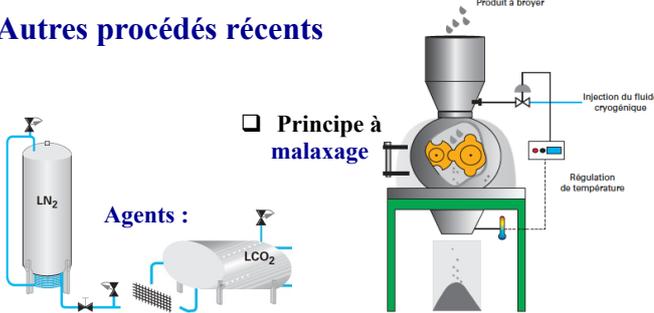
9

Conservation par le froid	Congélation/Surgélation
<p>Congélation rapide</p> <p>Les germes de cristallisation se forment simultanément dans les compartiments extra et intracellulaires.</p> <p>↑ de la concentration en soluté étant équivalente dans les deux compartiments, on obtient de petits cristaux également répartis, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur des cellules.</p>	
<p>Par définition :</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>↓</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">La congélation</div> <p>Elle consiste à refroidir puis entreposer les aliments à une température <i>inférieure au point de congélation</i>.</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>↓</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">La surgélation</div> <p>Un procédé industriel complexe qui consiste à refroidir les aliments par abaissement rapide de la température (-30°C à -50°C).</p> </div> </div>	
10	

10

Conservation par le froid	Congélation/Surgélation
<p><input checked="" type="checkbox"/> Les équipements industriels</p>	
<p>À contact direct</p>	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Agent de transfert de l'énergie : Le métal est porté à température inférieure à -30°C. ▪ Principe de congélation : Échange thermique par contact direct entre les produits et les plaques dans lesquelles le produit frigorigène circule (de type à plaque, à courroie ou à tambour rotatif). ▪ Denrées alimentaires traitées: Plats cuisinés, épinards, filets de poissons, produits liquides et pâteux. 	
<p>À vaporisation de liquide ou de solide en congélation continue</p>	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Agent de transfert de l'énergie : Vaporisation par de N₂ liquide (-196 °C), CO₂ solide ou liquide. ▪ Principe de congélation : L'agent est pulvérisé en direction d'une bande porteuse, il remplit son rôle de refroidissement en se vaporisant. ▪ Denrées alimentaires traitées: Produits camés, produits liquides et pâteux 	
11	

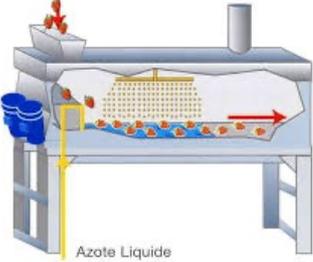
11

Conservation par le froid		Congélation/Surgélation		
À air pulsé				
	Agent de transfert	Principe de congélation	Denrées alimentaires traitées	
Tunnels de type discontinu et congélateur à bande porteuse	Air -25 à -45 °C	La convection dans un courant d'air froid ; des produits disposés sur des étages stationnaires ou sur une bande porteuse.	Produits préemballés : petits pois, crevettes, produits liquides et pâteux.	
Congélateur à lit fluidisé avec lapis	Air à -35 °C	Les aliments de petits volumes sont véhiculés sur une bande transporteuse perforée; l'air circule de bas en haut	Produits entiers (baies, grains, gousses) ou coupés en morceaux.	
Autres procédés récents				
<input type="checkbox"/> Principe à immersion		<input type="checkbox"/> Principe à malaxage		
	Agents : LN ₂		LCO ₂	

12

Conservation par le froid		Congélation/Surgélation		
<input checked="" type="checkbox"/> Conséquence de la congélation des aliments				
<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Congélation lente</i> : déshydratation de l'aliment (<i>plasmolyse des cellules</i>); la perte de texture (perte de turgescence des cellules) . ▪ <i>Impact sur la couleur et le goût</i> : Cette dé-compartmentation aboutit à la mise en présence d'enzymes et de substrats initialement séparés, et de ce fait, à l'apparition de réactions enzymatiques d'altération 				
Tableau : Effet de la vitesse de congélation sur les propriétés sensorielles de l'haricots verts				
Durée nécessaire pour que le coeur atteigne -20°C	Caractéristiques sensorielles du produit cuisiné		Type de congélation	
< 30 minutes	Pas de perte de fermeté, couleur et goût préservés		Surgélation cryogénique = machines (azote liquide)	
30 minutes-12 heures	Perte de texture, couleur et goût non altérés		Surgélation mécanique = N ₂ et CO ₂ ventilée	
> 12 heures	Perte de texture, couleur et goût dégradés		Congélation non ventilée	
CJ Kennedy, GP Archer, 1999. Maximising Quality and Stability of Frozen Foods, Report 2, 14.				

13

Conservation par le froid	Les maillons de la chaîne du froid
<p>☑ Les différents maillons de la chaîne du froid</p> <p>1. Au stade de la production et de la transformation</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Les procédés de réfrigération et de congélation se distinguent selon le médium de refroidissement utilisé pour évacuer la chaleur : <ol style="list-style-type: none"> 1. air, 2. eau ou solution aqueuse, 3. fluide cryogénique, 4. contact avec une surface solide refroidie. 	
	
<p>2. Entreposage</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Maintenir la température des produits qui y sont livrés à une valeur égale ou inférieure à la température réglementaire ou prescrite par le fabricant. ▪ Prend différentes formes ; le stockage : <ul style="list-style-type: none"> ✓ dans les centres de production ; ✓ dans les entrepôts frigorifiques (publics ou privés) ; ✓ chez les grossistes et dans les plates-formes de distribution ; 	
14	

14

Conservation par le froid	Les maillons de la chaîne du froid
<p>3. Transport</p> <p>Dans les véhicules frigorifiques, plusieurs caractéristiques vont déterminer l'évolution des températures :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ La capacité isolante de la caisse (parois, plancher) ▪ Les caractéristiques du chargement ▪ Les ouvertures de portes ▪ Le rapport entre la puissance du groupe et le flux de chaleur dissipé par la caisse ▪ Des enregistreurs sont obligatoires pour les produits surgelés et pour les viandes hachées, à l'exception de la distribution locale. 	
	
<p>3. Distribution et présentation à la vente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Présentoirs ou vitrines Frigorifiques • Maintenir à température, mais pas pour refroidir (produits initialement à mauvaise température) • Tester avec selon la norme européenne EN 441 	
	
15	

15

Conservation par le froid	Les maillons de la chaîne du froid
<h3 data-bbox="341 421 564 452">4. Froid ménager</h3> <ul data-bbox="357 474 1267 900" style="list-style-type: none"><li data-bbox="357 474 849 533">▪ Aucune contrainte réglementaire n'est imposée pour cette étape<li data-bbox="357 555 849 645">▪ Le consommateur dispose de l'indication donnée par le fabricant de la température de conservation requise pour le produit.<li data-bbox="357 667 849 725">▪ Cette étape finale, peut présenter une grande <i>variabilité</i>.<li data-bbox="357 748 1267 900">▪ Initiatives pour améliorer cette étape<ul data-bbox="405 779 1267 900" style="list-style-type: none"><li data-bbox="405 779 705 810">✓ fournir des sacs isothermes<li data-bbox="405 810 1267 900">✓ Coller sur le produit des pastilles qui changent de couleur en fonction de l'historique thermique réelle et donnent au consommateur une indication sur la durée de vie résiduelle du produit  	