



HAL
open science

Les procédés alimentaires : aspects technologiques et conséquences physico-chimiques sur les aliments

Catherine M.G.C. Renard

► **To cite this version:**

Catherine M.G.C. Renard. Les procédés alimentaires : aspects technologiques et conséquences physico-chimiques sur les aliments. Université d'été de Nutrition 2017, Sep 2017, Clermont-Ferrand, France. hal-02264925

HAL Id: hal-02264925

<https://hal.science/hal-02264925>

Submitted on 2 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Les procédés alimentaires : aspects technologiques et conséquences physico- chimiques sur les aliments

Catherine Renard

UMR408 Sécurité et Qualité des Produits d'Origine Végétale,
Avignon



© fotolia.com



- Introduction
- Conservation et sécurité microbiologique
 - Traitements thermiques
 - Diminution de l'activité de l'eau
 - Acidification et fermentation
 - Utilisation du froid
- Fractionnement et formulation
 - Fractionnement
 - Stabilité des systèmes dispersés

2



Introduction

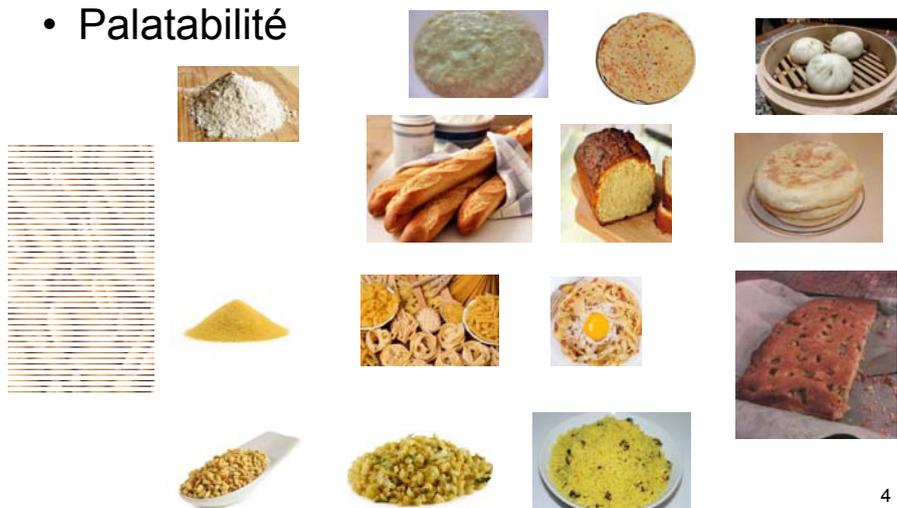
- A quoi sert la transformation des matières premières agricoles en aliments?
 - A les rendre palatables et plus digestes
 - Le feu (cuisson) accompagne notre évolution depuis plus de 1 M années
 - A disposer d'aliments sains et variés en quantité suffisante toute l'année
 - Disette de la « césure », fruits et légumes...
 - A faire la guerre
 - Appertisation et guerres napoléoniennes, vitamines entre les deux guerres mondiales...

3



Palatabilité

- Palatabilité



4



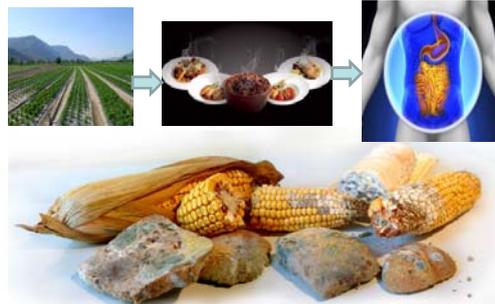
Conservation

- Disponibilité – sécurité
 - Préserver les nutriments
 - Stabilisation biologique

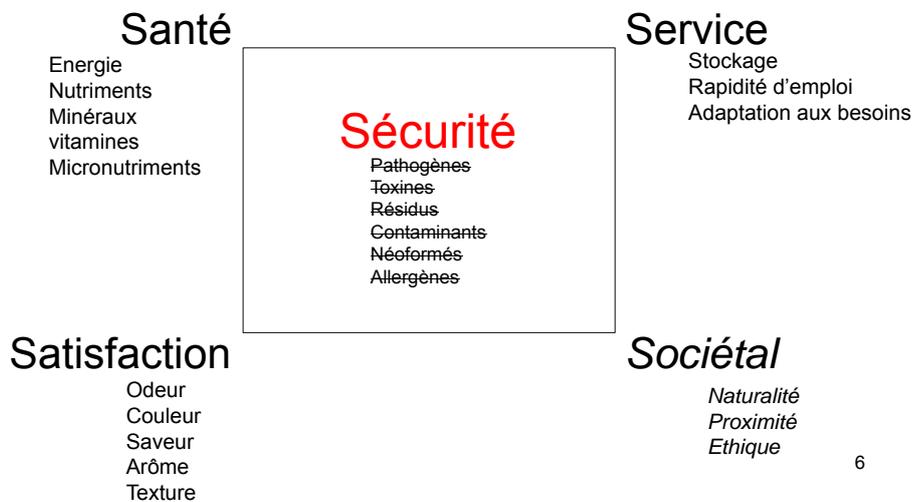
Chap. 11 8,8
LE CALENDRIER DES FRUITS ET LEGUMES DE SAISON EN FRANCE

Mois	Produits
JANVIER	Carotte, Citrouille, Chou-fleur, Chou, Endive, Oignon, Pomme de terre, Courgette, Aubergine, Melon, Pastèque, Raisin, Orange, Citron, Mandarine, Pêche, Nectarine, Abricot, Prune, Cerise, Framboise, Myrtille, Raisin, Orange, Citron, Mandarine, Pêche, Nectarine, Abricot, Prune, Cerise, Framboise, Myrtille
FEBVRIER	Carotte, Citrouille, Chou-fleur, Chou, Endive, Oignon, Pomme de terre, Courgette, Aubergine, Melon, Pastèque, Raisin, Orange, Citron, Mandarine, Pêche, Nectarine, Abricot, Prune, Cerise, Framboise, Myrtille, Raisin, Orange, Citron, Mandarine, Pêche, Nectarine, Abricot, Prune, Cerise, Framboise, Myrtille
MARS	Carotte, Citrouille, Chou-fleur, Chou, Endive, Oignon, Pomme de terre, Courgette, Aubergine, Melon, Pastèque, Raisin, Orange, Citron, Mandarine, Pêche, Nectarine, Abricot, Prune, Cerise, Framboise, Myrtille, Raisin, Orange, Citron, Mandarine, Pêche, Nectarine, Abricot, Prune, Cerise, Framboise, Myrtille
AVRIL	Carotte, Citrouille, Chou-fleur, Chou, Endive, Oignon, Pomme de terre, Courgette, Aubergine, Melon, Pastèque, Raisin, Orange, Citron, Mandarine, Pêche, Nectarine, Abricot, Prune, Cerise, Framboise, Myrtille, Raisin, Orange, Citron, Mandarine, Pêche, Nectarine, Abricot, Prune, Cerise, Framboise, Myrtille
MAI	Carotte, Citrouille, Chou-fleur, Chou, Endive, Oignon, Pomme de terre, Courgette, Aubergine, Melon, Pastèque, Raisin, Orange, Citron, Mandarine, Pêche, Nectarine, Abricot, Prune, Cerise, Framboise, Myrtille, Raisin, Orange, Citron, Mandarine, Pêche, Nectarine, Abricot, Prune, Cerise, Framboise, Myrtille
JUIN	Carotte, Citrouille, Chou-fleur, Chou, Endive, Oignon, Pomme de terre, Courgette, Aubergine, Melon, Pastèque, Raisin, Orange, Citron, Mandarine, Pêche, Nectarine, Abricot, Prune, Cerise, Framboise, Myrtille, Raisin, Orange, Citron, Mandarine, Pêche, Nectarine, Abricot, Prune, Cerise, Framboise, Myrtille
JUILLET	Carotte, Citrouille, Chou-fleur, Chou, Endive, Oignon, Pomme de terre, Courgette, Aubergine, Melon, Pastèque, Raisin, Orange, Citron, Mandarine, Pêche, Nectarine, Abricot, Prune, Cerise, Framboise, Myrtille, Raisin, Orange, Citron, Mandarine, Pêche, Nectarine, Abricot, Prune, Cerise, Framboise, Myrtille
AUGUST	Carotte, Citrouille, Chou-fleur, Chou, Endive, Oignon, Pomme de terre, Courgette, Aubergine, Melon, Pastèque, Raisin, Orange, Citron, Mandarine, Pêche, Nectarine, Abricot, Prune, Cerise, Framboise, Myrtille, Raisin, Orange, Citron, Mandarine, Pêche, Nectarine, Abricot, Prune, Cerise, Framboise, Myrtille
SEPTEMBRE	Carotte, Citrouille, Chou-fleur, Chou, Endive, Oignon, Pomme de terre, Courgette, Aubergine, Melon, Pastèque, Raisin, Orange, Citron, Mandarine, Pêche, Nectarine, Abricot, Prune, Cerise, Framboise, Myrtille, Raisin, Orange, Citron, Mandarine, Pêche, Nectarine, Abricot, Prune, Cerise, Framboise, Myrtille
OCTOBRE	Carotte, Citrouille, Chou-fleur, Chou, Endive, Oignon, Pomme de terre, Courgette, Aubergine, Melon, Pastèque, Raisin, Orange, Citron, Mandarine, Pêche, Nectarine, Abricot, Prune, Cerise, Framboise, Myrtille, Raisin, Orange, Citron, Mandarine, Pêche, Nectarine, Abricot, Prune, Cerise, Framboise, Myrtille
NOVEMBRE	Carotte, Citrouille, Chou-fleur, Chou, Endive, Oignon, Pomme de terre, Courgette, Aubergine, Melon, Pastèque, Raisin, Orange, Citron, Mandarine, Pêche, Nectarine, Abricot, Prune, Cerise, Framboise, Myrtille, Raisin, Orange, Citron, Mandarine, Pêche, Nectarine, Abricot, Prune, Cerise, Framboise, Myrtille
DECEMBRE	Carotte, Citrouille, Chou-fleur, Chou, Endive, Oignon, Pomme de terre, Courgette, Aubergine, Melon, Pastèque, Raisin, Orange, Citron, Mandarine, Pêche, Nectarine, Abricot, Prune, Cerise, Framboise, Myrtille, Raisin, Orange, Citron, Mandarine, Pêche, Nectarine, Abricot, Prune, Cerise, Framboise, Myrtille

B. cereus du champs à la TIAC



Fonctionnalités



SOPIV
MR408

Des aliments complexes

Solides cellulaires

Quo Vadis ?

Artères et veines
Faisceaux de fibres
Fibres musculaires (nombre, taille, type)

Tendons
Muscle squelettique
Schéma des liens entre caractéristiques du muscle et la qualité de la viande

Tissu conjonctif (collagène)
Tissu adipeux (gras)

COULEUR
TENDRETE ELASTICITE
FLAVEUR
JUTOSITE

Une mousse solide, le pain

(a) (b) (c) (d) (e)

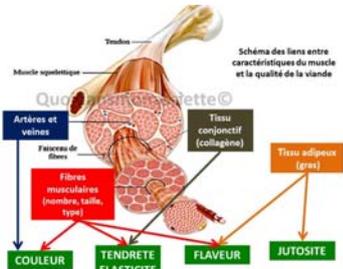
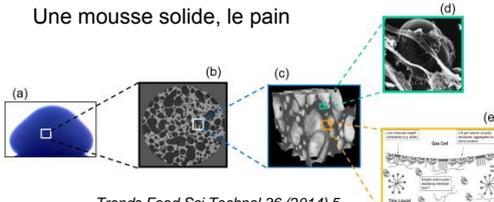
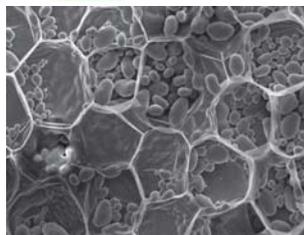
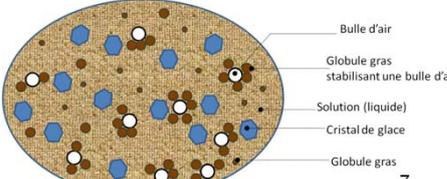
Trends Food Sci Technol 36 (2014) 5

Une émulsion foisonnée, la glace

Bulle d'air
Globule gras stabilisant une bulle d'air
Solution (liquide)
Cristal de glace
Globule gras

7

Structure schématique de la glace

SOPIV
MR408

Procédé et étapes unitaires

Ensemble des actions de préparations des aliments

Un exemple « simple » mise en boîte de haricots verts :

- Réception en usine (30 tonnes/10 minutes)
- Echantillonnage et contrôles (champ ↔ lots de boîtes)
- Tris : ventilation (feuilles), flottation (épierrage)
- Lavage, équeutage, calibrage
- Blanchiment, mise en boîte, jutage, sertissage
- Stérilisation
- Palettisation, contrôles, stockage (!)
- Utilisations à la maison ou en collectivité



Que permettent les procédés?

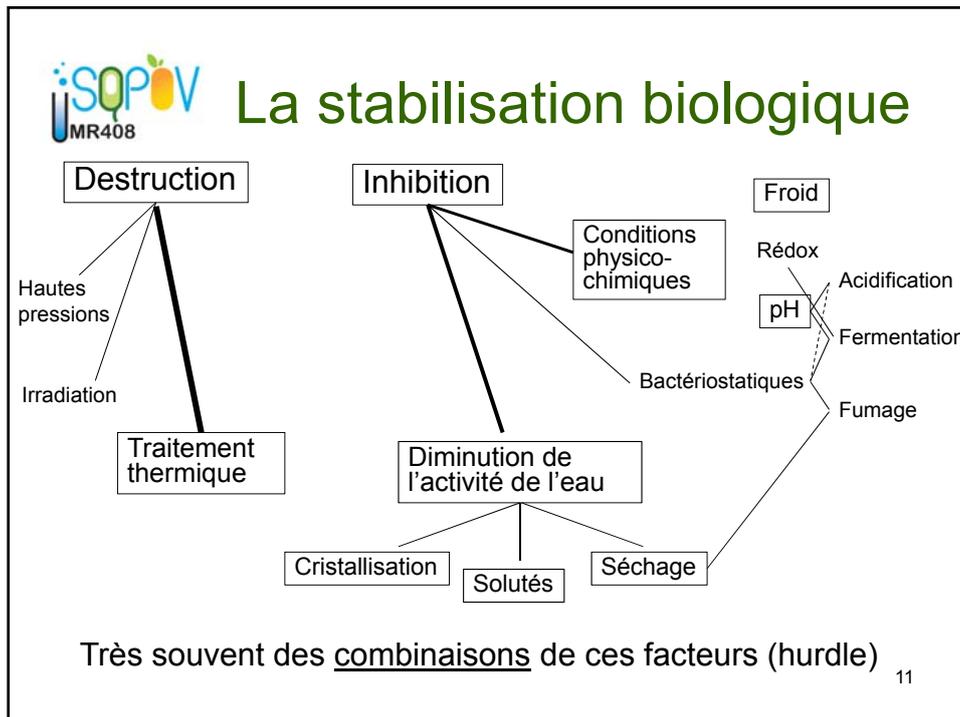
- De rendre les nutriments plus digeste
 - Etat physique (cristallin / dissous, formation de complexes...)
- D'éliminer les microorganismes et enzymes endogènes
 - Inactivation thermique, pascalisation
- D'améliorer la flaveur et l'arôme
 - Génération d'arômes et goûts
- De formuler des aliments à partir des matières premières
 - Emulsification, gélification, ...
- D'éliminer les parties non consommables
 - Toxiques, antinutritionnels, texture, ...
- De rendre l'aliment moins vulnérable
 - Activité de l'eau, acidification
- D'innover!

9

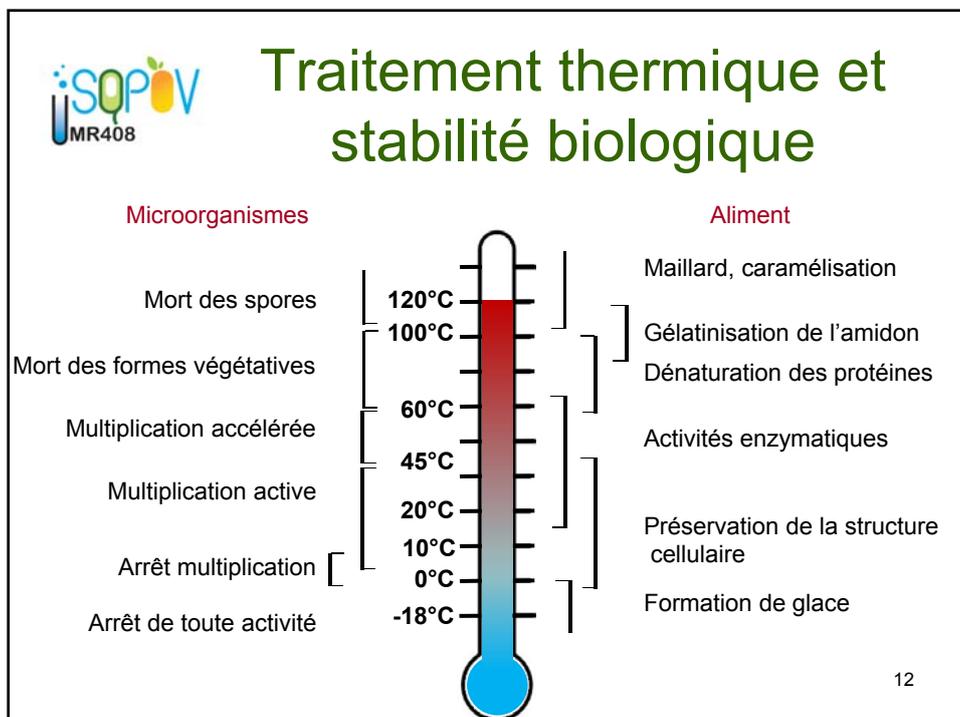


- Introduction
- Conservation et sécurité microbiologique
 - Traitements thermiques
 - Diminution de l'activité de l'eau
 - Acidification et fermentation
 - Utilisation du froid
- Fractionnement et formulation
 - Fractionnement
 - Stabilité des systèmes dispersés

10



11



12

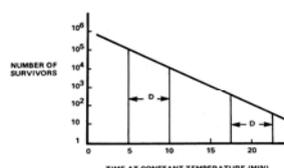


Inactivation des microorganismes

- Combinaison de température et durée

- B. cereus:

- Spores: $D_{121,1} = 2,5$, $z = 10^{\circ}\text{C}$
- Formes végétatives: $D_{50} < 1$, $z = 5^{\circ}\text{C}$



- Pasteurisation (et pascalisation)

- Elimination des formes végétatives
- Conservation au froid

- Stérilisation (et irradiation)

- Elimination des spores
- Appertisation, UHT
- Conservation longue durée à température ambiante



Effets physico-chimiques des traitements thermiques

- Amélioration de la digestibilité

- Les aliments cuits libèrent plus d'énergie
- Gélatinisation de l'amidon
- Coagulation des protéines / gélatinisation du collagène
- Dégradation des parois végétales

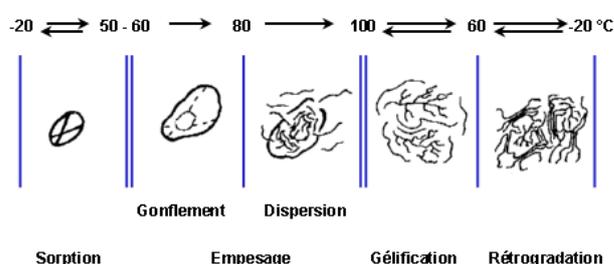
- Amélioration de la palatabilité

- Changement marqué de texture
- Elimination de facteurs antinutritionnels



Amidon

- Amidon natif est un amidon résistant (RS1)
 - La gélatinisation (eau + chaleur) le rend accessible aux amylases
 - La conservation (au froid) conduit à la « rétrogradation »

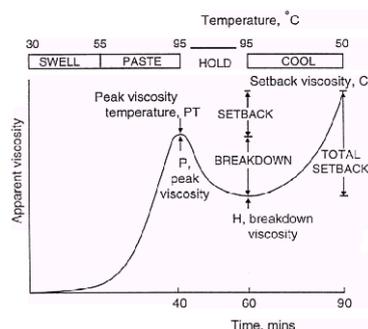


15



Evolution de la texture

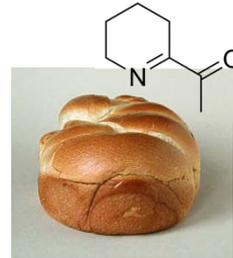
- La gélatinisation correspond à une très forte augmentation de la viscosité
- Au refroidissement formation d'un solide (gel/solide)
- Gels biphasiques, opaques (amylose/amylopectine)
- Rétrogradation: diminution du « collant »





Réaction de Maillard et déshydratations

- Réaction de Maillard:
 - Sucre réducteur et acide aminé
 - [sucre] > [amine] ou vice-versa
 - Couleurs brunes (mélanoidines)
 - Génération d'arômes de cuit (pain, bouillons...)
- Torrification, caramélisation...
 - Mélanoidines et arômes

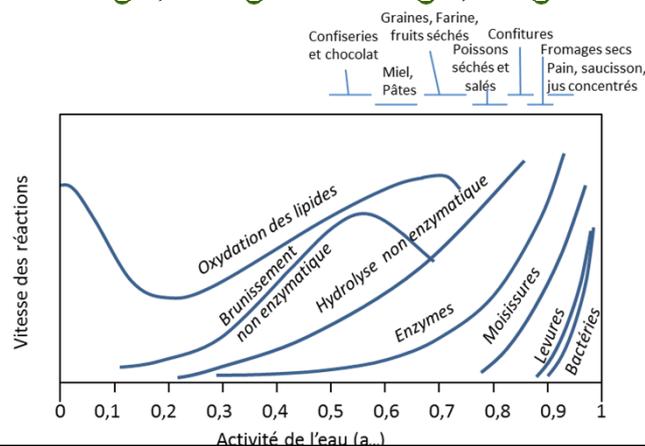


17



L'activité de l'eau

- Diminuer l'eau libre
 - Séchage, salage/confisage, surgélation



18



Aw des aliments

Aw	Aliment	Solutions de NaCl ou saccharose (% p/p)
0,98 – 0,94	Fromages (fondu, bleu, emmental, brie), crème fraîche, lait concentré, pâtés de viande, concentré de tomate	2-9% NaCl 15-49% sacch
0,94 – 0,90	Jambon de montagne, compotes de fruits, roquefort, pain, pruneaux demi-secs, jus de fruits concentrés, saucisson, pâtes patisseries	9-14% NaCl 49-59% sacch
0,90 – 0,86	Crème de marron, hareng suédois, salami, fromages secs, pâtes patisseries, marinades, olives	14-18,5% NaCl 59-68% sacch (sol saturée)
0,86 – 0,82	Lait concentré sucré, pâtisserie « longue conservation », sirop d'érable, confitures	18,5-21,5% NaCl
0,82 – 0,74	Pâte d'anchois, biscuits divers, poissons séchés et salés	21,5-26,5% NaCl (sol saturée)
0,74 – 0,66	Parmesan, madeleines, cakes, céréales, graines de légumineuses, farines, saucissons secs, fruits séchés, sirop de glucose, pâtes de fruits	
0,66 – 0,58	Miel, pâtes de fruits, fruits séchés, pâtes alimentaires, confiseries	
0,58 – 0,50	Confiseries et chocolat	



Les séchages

- Séchage traditionnel
 - Transfert d'eau / apport d'énergie
 - Température ou durée
 - Activités enzymatiques
 - Parfois avec fermentation
- Changements de texture
 - Solutions saturées et concentrées
 - Dénaturation
 - Diminution du volume
 - Texture peut devenir très élastique et résistante
- Attention, les microorganismes sont toujours là!²⁰





Les séchages

- Séchage par ébullition
 - Sur cylindres chauffants
 - Produits pâteux, gélatinisation (partielle) amidon
- Séchage par atomisation
 - Des poudres fines et parfois très hygroscopiques
 - Bonne préservation des propriétés fonctionnelles
 - Souvent avec adjonction de maltodextrines
- Lyophilisation
 - Préserve structure et constituants
- Evaporation sous vide
 - Concentration des liquides tout en restant à des températures basses
 - Impact sur les arômes (parfois récupérés)

21



Principaux agents dépresseurs de l' a_w

Saccharose	Confiseries, chocolat, fruits séchés ou demi secs, pâtes de fruits, confitures, compotes, jus de fruits concentrés, miel, sirop d'érable, pâtisserie « longue conservation, madeleine, cakes, biscuits, pâtes patisseries, lait concentré sucré, hareng suédois...
Autres sucres	Confiseries, miel, pâtes de fruits et fruits séchés, confitures, jus de fruits concentrés, lait concentré et concentré sucré...
Sorbitol ou glycérol	(biscuits, madeleine, cake, pâtes patisseries, pâtisserie longue conservation)...
NaCl	Saucisson sec, jambon, pâtés de viande, fromages, poissons séchés et salés, hareng suédois, pâte d'anchois, beurre, olives, ...
Acides aminés	Saucisson sec, jambon, fromages, poissons séchés et salés, hareng suédois...
Acides alimentaires	Crème fraîche, jus de fruits concentrés, saucisson...



Acidification et fermentation

- Arriver en dessous de pH 4,5

origine animale		origine végétale	
Blanc d'œuf	pH		
Oeuf	7		
Poulet, Poisson			
Lait			
Agneau, Porc	6	Choux,	Melon
Beurre		Haricots verts, pomme de terre	
Fromages		Laitue, poireau, courgette...	
Boeuf		Oignon	
Saucisson	5	Carotte, citrouille	
		Tomate	Banane
Yaourt	4		
		Pomme, abricots, mangues, figes	
		Pêches, oranges, prunes	
		Raisin, framboises, cerises	
		Rhubarbe, groseille, fraise	
		Agrumes	
		Citron, fruit de la passion	
		Citron vert	
	3		
	2		



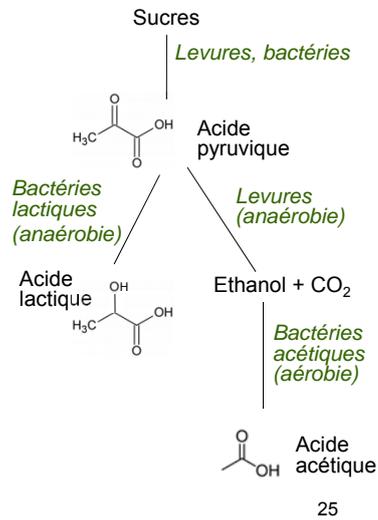
Les fermentations





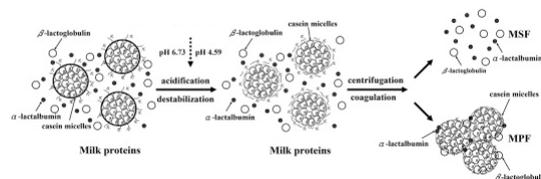
Effets des fermentations

- Diminution pH (et rédox)
- Génération de gaz
 - Bulles du pain
- Proteolyse, lipolyse
 - Texture fromage, saucisson, saveur
- Exopolysaccharides
 - Nato, yaourt, tempeh

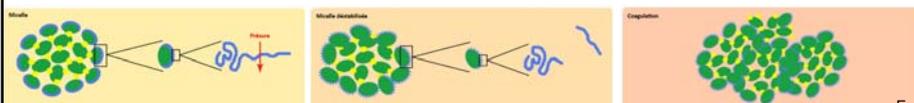


Le changement de pH peut avoir des effets physico-chimiques

- Coagulation du lait
 - Micelles de caséine
 - Changement de pH - pI = 4,6



- Avec présure: augmentation hydrophobicité: Hydrolyse CMP

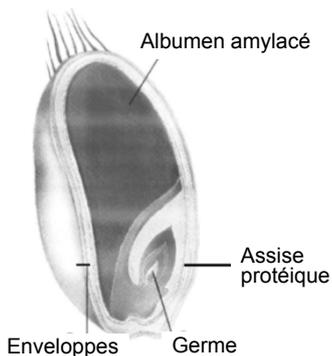


F. Ronez

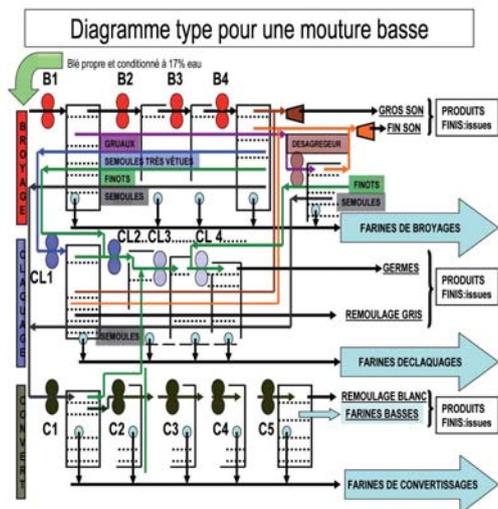


Fractionnement des matières premières

- Transformation des grains



Des successions complexes de broyages et tamisages



Transformation graduelle du grain en farine
Broyage entre cylindres
Possibilité d'isoler les germes

Teneur en protéines, en fibres et en minéraux varient avec la proportion de farine récupérée

Classement: T45 - 170

Plus de protéines = plus de gluten et des utilisations différentes

Plus la farine est raffinée plus le pain lève

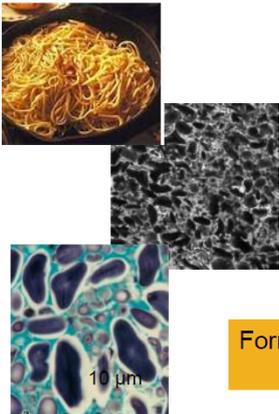
Moins la farine est raffinée plus la pâte sera élastique

ISOPiV
MR408

Structuration des produits céréaliers

- Formation d'un réseau de gluten

Pâte (cuite)



10 µm

Pain (cuit)



10 µm

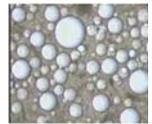
Saulnier 2012

ISOPiV
MR408

Aliments formulés

- Des mélanges complexes et thermodynamiquement instables
 - Phases non miscibles
 - Surfaces de contact
- Différents types
 - Emulsion (mayo, beurre...)
 - Mousse (blanc d'œuf)
 - Mousse solide (pain)
 - Emulsion foisonnée (émulsion + mousse)

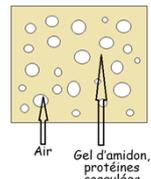
Mousse liquide :



Air

Solution protéines, tensioactifs...

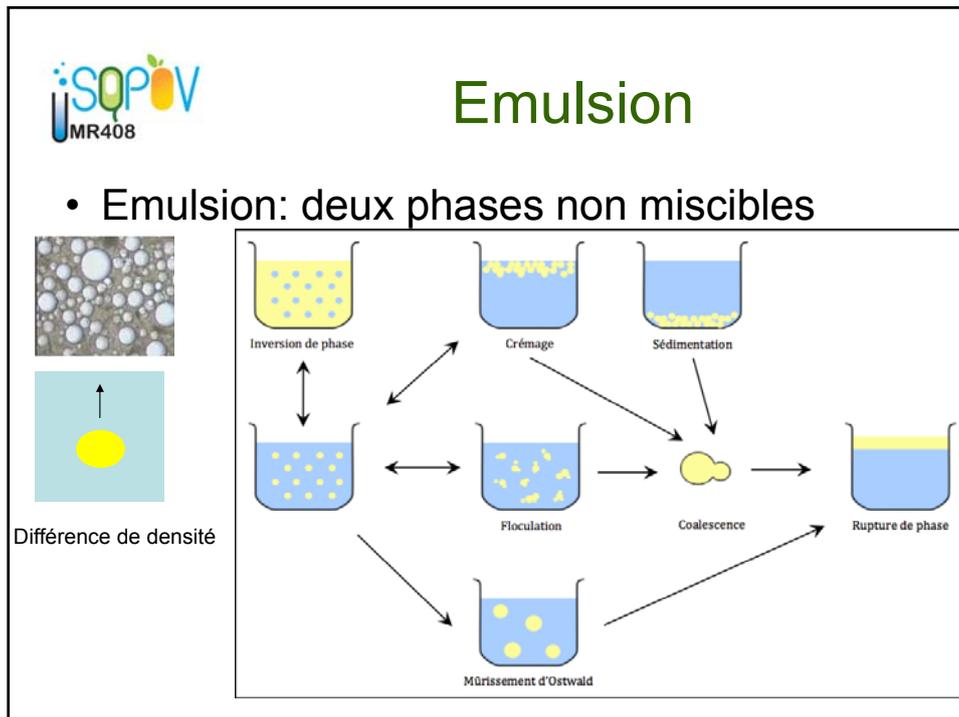
Mousse solide :



Air

Gel d'amidon, protéines coagulées

30



iSOPiV
MR408

Comment éviter la séparation de phase?

- Densité... *A la maison*
- Taille des gouttelettes:
 - énergie plus émulsifiant *Fouetter*
 - Œuf (phospholipides et protéines)*
 - Moutarde (glycérides et protéines)*
- Répulsion
 - Electrostatique ou stérique

Répulsion électrostatique

Répulsion stérique

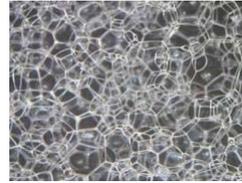
- Rhéologie de la phase continue
 - Hydrocolloïde: viscosité, seuil

32



Et les mousses?

- Bulles d'air séparées par un film liquide



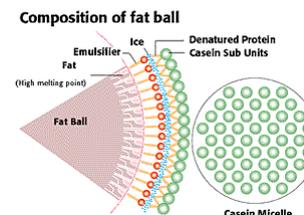
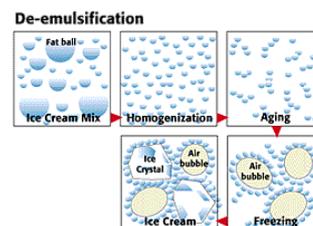
- Evolution spontanée:
 - Croissance des grosses bulles (Ostwald)
 - Drainage -> Diminution épaisseur du film
 - Intérêt de la viscosité du liquide et viscoélasticité de l'interface (protéines)
 - Désorption de l'agent moussant

33



Emulsion foisonnée

- Crème glacée, mousse de foie...
 - Gaz
 - Souvent solution saturée
 - Polysaccharide: viscosité
 - Phase liquide
 - En surface des bulles
 - Souvent solide
 - Phase grasse
 - Glace, fragments cellulaires





Conclusion

- Nous ne mangeons pas les matières premières mais des aliments
- Effets physico-chimiques des transformations
 - Souhaités ou subis voire subis puis souhaités
- Enchaînement de plusieurs étapes
 - Première transformation
 - Seconde transformation
 - Interactions entre les effets
- Diversité « retardée »:
 - Produits « sur mesure » et constants à partir de matières premières variables

35



- Quelques remarques :
 - qualité nutritionnelle : F&L conserve > frais stocké 3 semaines
 - la cuisine a toujours été moléculaire
 - À la maison aussi!
 - Ultra processé? Ou juste processé ailleurs?
 - réglementation stricte et très évolutive
 - difficile de formaliser et quantifier un savoir-faire
 - attention au respect de la sécurité
 - Plus de risques sur les conserves domestiques
 - Produits séchés et protozoaires, congelés et norovirus...
 - les industriels fabriquent ce qui se vend



36



- Merci pour votre attention!



37