

# Cours de Brasserie-Fermentation de l'Institut Meurice

## Table des Matières

### 1. Introduction Générale

- 1) Historique
- 2) Comparaison internationale de l'industrie brassicole (production, consommation, exportation, chiffres d'affaires...)
- 3) Définition légale
- 4) Composition nutritionnelle globale

### 2. L'orge

- 1) Caractéristiques
- 2) Culture et variétés
- 3) Analyses (chimique et autres)
- 4) Les maladies de l'orge

### 3. Les matières amylacées

- 1) Les grains crus (maïs, froment, riz, sorgho...)
- 2) Les sirops d'amidon (glucose, maltose, maltodextrines...)

### 4. Le houblon

- 1) Description et culture
- 2) Qualités brassicoles
- 3) Composition chimique
  - a. Résines amères (lupulones et humulones, isomérisation...)
  - b. Les huiles essentielles (hydrocarbures, composés oxygénés, composés soufrés)
  - c. Les tannins (composés phénoliques, flavanoïdes, acides, ...)
- 4) Les différentes formes du houblon (production, conservation, utilisation dans le process, avantages et inconvénients)
  - a. Cônes
  - b. Pellets
  - c. Extraits non isomérisés (CO<sub>2</sub> et ethanol)
  - d. Extraits isomérisés
  - e. Extraits isomérisés réduits
    - i. Rho, tetra, hexa
    - ii. Méthode d'analyse
    - iii. Influence sur la mousse, résistance à la lumière, amertume relative...

### 5. L'eau

- 1) Qualités nécessaires en brasserie
- 2) Dureté (définitions)
- 3) Alcalinité
- 4) Composition chimique
- 5) Influence des ions sur la qualité brassicole de l'eau
- 6) Traitements de l'eau
  - a. Décarbonatation
  - b. Déminéralisation
  - c. Stérilisation (chloration, UV, osmose inverse...)

## 6. La physiologie du maltage

- 1) Structure du grain d'orge
  - a. Composition chimique
    - i. L'endosperme
      1. Parois cellulaires
      2. Amidon
      3. Protéines de réserve
    - ii. La couche aleurone
    - iii. L'embryon
    - iv. La paroi externe
      1. Péricarpe
      2. Pailles externes
- 2) La germination de l'orge
  - a. Transformations morphologiques
  - b. Initiation de la croissance
  - c. Les substrats respiratoires
  - d. Métabolisme lipidique
  - e. Formation des enzymes hydrolytiques
  - f. Contrôle hormonal (Ac. Gibbérellique, phytohormones...)
  - g. Modifications de l'endosperme
    - i. La protéolyse
    - ii. L'amylolyse
    - iii. Les lipoxygénases

## 7. La technologie du maltage

- 1) Préparation de l'orge
  - a. Dormance
  - b. Séchage
  - c. Nettoyage
  - d. Stockage
  - e. Transports
- 2) Trempage de l'orge
  - a. Désagrégation
  - b. Cuves à tremper
  - c. Conduite du trempage
  - d. Additions diverses
- 3) Germination
  - a. Principes généraux
  - b. Germination pneumatique, sur aire...
  - c. Capacités de ventilation, d'humidité et de température
  - d. Traitements spéciaux
- 4) Touraillage
  - a. Buts et principes
  - b. Transformations diverses
    - i. Matières azotées
      1. Réactions de Maillard (coloration) et Strecker (arômes)
      2. Formation du DMS
    - ii. Les nitrosamines
      1. Formation du DMNA
  - c. Technique du touraillage (feu direct ou indirect)

- d. Conduite du procédé
  - e. Chargement et contrôles
  - f. Dégermage et palissage
- 5) Conservation du malt

## 8. Analyse du malt

- 1) Bilan de production
- 2) Appréciation physique
- 3) Contrôle de qualité, analyses mécaniques, physico-chimiques, brassin conventionnel...
- 4) Qualité sanitaire du malt
  - a. Les microorganismes de champ et de stockage (moisissures)
  - b. Les mycotoxines
    - i. Les starters
    - ii. Les méthodes de détection et d'échantillonnage

## 9. Les malts spéciaux

## 10. Le brassage

- 1) But du brassage
  - a. Extraction des matières premières
  - b. Transformations chimiques
  - c. Composition azotée et hydrocarbonée
- 2) Quelques propriétés des enzymes impliquées au brassage
- 3) Les transformations au brassage
  - a. L'amidon
  - b. Les matières azotées
  - c. Les lipides
  - d. Les composés soufrés
  - e. Oxydation et coloration
  - f. Les sels minéraux
  - g. Dureté de l'eau et pH du moût
  - h. Températures au brassage
- 4) Préparation de la mouture : concassage et tamisage
  - a. Caractéristiques de la mouture
  - b. Technologie de concassage
- 5) L'empâtage
- 6) Le brassage
  - a. Le choix de la méthode de brassage
  - b. Les méthodes de brassage
    - i. Infusion
    - ii. Décoction
    - iii. Méthodes mixtes
  - a. Le traitement des grains crus
  - b. Le brassage à haute densité
  - c. Les installations de brassage
- 7) La filtration du moût
  - d. Théorie et principes
  - e. La cuve filtre
  - f. Le filtre à moût
  - g. Le filtre 2001
- 8) L'ébullition du moût

- a. But de la cuisson du moût
  - b. Transformations à l'ébullition
    - i. Les sucres
    - ii. Les composés azotés
    - iii. Interactions entre les composés azotés et les sucres
    - iv. Interactions entre les protéines et les tannins
    - v. Les résines du houblon
    - vi. Importance du pH du moût à l'ébullition
  - c. Les installations d'ébullition du moût
    - i. Choix des matériaux
    - ii. Objectifs
    - iii. Chauffage de la chaudière d'ébullition
    - iv. Chaudière d'ébullition classique
    - v. Ebullition par un échangeur thermique externe
    - vi. Nouvelles technologies
  - d. Le rendement au brassage
- 9) Le traitement du moût
- a. Clarification du moût
    - i. Décantation
    - ii. Traitement du moût au Whirlpool :
    - iii. Centrifugation
  - b. Refroidissement du moût
  - c. Oxygénation du moût

## 11. Le métabolisme de la levure en fermentation

- 1) Introduction
- 2) Notions fondamentales sur les levures
  - a. Classification et génétique des levures
  - b. Caractérisation taxonomique et technologique des levures de brasserie
  - c. Morphologie de la levure
  - d. La floculation de la levure
- 3) Catabolisme des sucres
  - a. Introduction
  - b. Régulation de l'utilisation des hydrates de carbone par la levure
    - i. L'effet Pasteur
    - ii. L'effet Crabtree
  - c. Le transport des hydrates de carbone
    - i. L'entrée des métabolites dans le cellule de levure
    - ii. Transport des hydrates de carbone dans la cellule
  - d. Evolution du pouvoir fermentaire sur glucose, maltose et maltotriose au cours d'une fermentation sur moût
  - e. Régulation des enzymes intervenant dans la fermentation du maltose
  - f. Régulation des enzymes intervenant dans la fermentation du maltotriose
- 4) Gluconéogénèse et sucres de réserve
  - a. Les sucres de réserve: Glycogène et tréhalose
  - b. Synthèse et dégradation du tréhalose
  - c. Synthèse et dégradation du glycogène
  - d. Régulation de la synthèse et de la dégradation du glycogène
  - e. Evolution du glycogène au cours de la fermentation
- 5) Propagation de la levure
  - a. Conservation de la souche

- b. Propagation
- c. Ensemencement
- d. Contrôle de la qualité du levain
  - i. Viabilité
  - ii. Vitalité
- e. Oxygénation du moût
- 6) Biosynthèse des stérols et acides gras chez *Saccharomyces cerevisiae*
  - a. Les lipides dans la levure
  - b. Biosynthèse des stérols: *Besoin oxygène*
  - c. Influence de l'aération initiale du moût sur la synthèse des stérols par la levure en fermentation
  - d. Synthèse des acides gras à longue chaîne
  - e. Désaturation des acides gras à longue chaîne: *Besoin oxygène*
  - f. Régulation de l'élongation des acides gras chez la levure en fermentation sur moût
  - g. Pré-oxygénation de la levure
- 7) Formation des esters
  - a. Les principaux esters de la bière
  - b. Biosynthèse des esters
  - c. Formation et excrétion des esters durant la fermentation
  - d. Synthèse des esters d'acétate
  - e. Synthèse des esters des acides gras à moyenne chaîne
  - f. Facteurs influençant la production d'esters en fermentation
- 8) Métabolisme des acides aminés chez la levure de brasserie en fermentation sur moût
  - a. Mécanisme d'entrée des acides aminés chez *Saccharomyces cerevisiae*
  - b. Synthèse des alcools supérieurs
  - c. Formation des dicétones vicinales dans le cadre de la biosynthèse de l'isoleucine, valine et leucine
    - i. Chaîne de biosynthèse de acides aminés branchés
    - ii. Régulation de la biosynthèse des acides aminés branchés
    - iii. La formation des dicétones vicinales
    - iv. Stratégie pour réduire la production de dicétones vicinales
  - d. Formation d'alcools supérieurs aromatiques dans le cadre de la biosynthèse de la phénylalanine, tyrosine et tryptophane
  - e. Formation de composés volatils soufrés dans le cadre de la biosynthèse de la thréonine, de la méthionine et de la cystéine
  - f. Formation de diméthylsulfure à partir de la S méthylméthionine
  - g. Formation de cétoacides et d'acides organiques

## 12. La conduite de la fermentation

- 1) Introduction
- 2) Transformations pendant la fermentation principale
- 3) Facteurs influençant la fermentation
  - a. Souche de levure
  - b. Etat physiologique
  - c. Quantité de levain
  - d. Homogénéité
  - e. Géométrie des cuves
  - f. Aération du moût
  - g. Composition du moût
  - h. Température et pression
- 4) Conduite de la fermentation

- 5) Fermentation en cuves cylindro-coniques
  - a. Avantages des cuves cylindro-coniques
  - b. Le contrôle de la température en cuve cylindro-conique
  - c. La récupération du CO<sub>2</sub>

### **13. Maturation, garde, fermentation secondaire**

- 1) Les objectifs de la garde
- 2) Les transformations pendant la garde
  - a. Affinage de la flaveur de la bière
  - b. Amélioration du moelleux de la bière
  - c. Saturation de la bière en CO<sub>2</sub>
  - d. Clarification de la bière
- 3) La conduite de la garde
- 4) Le contrôle de la garde

### **14. La filtration de la bière**

- 1) Buts de la filtration
- 2) Conduite de la filtration
  - a. Filtration sur kieselguhr
  - b. Les adjuvants de filtration: les diatomées ou kieselguhr
  - c. Les filtres
  - d. Conduite de la filtration
- 3) Traitement de stabilisation
  - a. Eliminer les troubles colloïdaux de la bière
    - i. P(rotéines) + T(annins) ⇌ Complexes tanno-protéiques
  - b. Acide tannique
  - c. Silice
  - d. Polyvinylpolypyrrolidinone (PVPP)
  - e. Nylon et bentonites
- 4) Filtration stérilisante
  - a. Filtres à cartons
  - b. Microfiltration tangentielle

### **15. Le soutirage et la pasteurisation de la bière**

- 1) Le soutirage
  - a. La cave de bière filtrée
  - b. Le soutirage
- 2) La pasteurisation
  - a. Flash pasteurisation : 30 secondes à 70-72°C
  - b. Pasteurisateur tunnel