

Chapitre 3 La digestion

Aliment → nutriment

Phénomènes mécaniques

Phénomènes chimiques

Phénomène microbiens (fermentaire)

I La digestion chez le porc

1 La digestion buccale

→ digestion mécanique

a La Mastication

Fragmentation des aliments par les dents qui met en jeu les lèvres, les joues et la langue.

Acte volontaire / réflexe

b L'insalivation

1 La salive

Composée d'eau, Minéraux & (mucus, lipase, ptyaline) : MO

pH 6-8 : ~ neutre

sécrétion :

- “salive de gustation” : un peu visqueuse, sécrété par les glandes sous-maxillaires
- “salive de mastication” : très fluide, liquide
- Réflexe conditionné : pensée, vue, odeur

Système Nerveux Central (perception olfactive ou visuelle, pensée d'un bon repas) → Système Nerveux Autonome → sécrétion de la salive

2 Rôle digestif de la salive

- imbibition → bol alimentaire
- ptyaline : amylase salivaire : amidon → maltose : action assez lente => action de cette enzyme relative

c la déglutition

Action mécanique

3 temps :

- Temps préparatoire buccale
- Temps bucco-pharyngé
- Temps oesophagien

1 Temps buccale

Temps volontaire

2 Temps pharyngien

→ Contraction musculaire
Reflexe

3 Temps oesophagien

→ contraction musculaires en anneaux
Les liquides sont plus rapides que les déglutitions solides

2 La digestion stomacale

a Phénomènes chimiques

1 Le suc gastrique

Suc gastrique incolore, visqueux et acide.

Composition :

- HCl
- pepsinogène -> pepsine
- lipase
- solution alcaline

Sécrétion :

- Phase céphalique (psykologique) On a production du suc en fonction de ce qui est ingéré.
- Phase gastrique : gastrine => déclenché par la distorsion de l'estomac
Adaptation de la sécrétion (concentration) et de la quantité en fonction de l'aliment (production d'acide et de pepsine)
- Phase intestinale : entérogastrine / sécrétine → vont agir pour ralentir et arrêter la sécrétion de sucs gastriques

2 Devenir des aliments

HCl : rôle de gonflement du collagène, début d'hydrolyse du saccharose → glucose et fructose.

Pepsinogène → pepsine (grâce à HCl) : Protéines → polypeptides solubles : + facilement digéré

Lipases → Triglycérides → AG, mono- & diglycérides

Ces enzymes sont actives en milieu acide.

À la sortie de l'estomac, on a le chyme (bol alimentaire) :

- la salive & suc gastrique
- l'eau et minéraux
- aliments
- produits de la digestion

b Les phénomènes mécaniques

Les fibres musculaires vont permettre les ondes péristaltiques : contraction des fibres musculaires, et ces contractions vont pousser le contenu du Cardia vers le Pylor (vers le bas), il y a donc un brassage directement dans l'estomac.

Ces mouvements permettent d'imbiber le suc gastrique. C'est une motricité autonome, et une voie réflexe quand les aliments arrivent (par distorsion des parois) et le pH dans l'estomac

Quand l'estomac est vide, les parois sont presque collées.

À la sortie de l'estomac, on a un chyme passe par le sphincter pylorique (qui va se refermer très rapidement à cause de l'acidité)

Ça passe petit à petit dans l'IGrêle.

Les sucs pancréatiques & bile vont neutraliser l'acidité, et le sphincter peut se rouvrir.

Les aliments vont rester 6-7h et plus s'il y a des lipides.

Les liquides sont très vite absorbés.

3 La digestion dans l'intestin grêle

a Les phénomènes chimiques

C'est au niveau du duodénum qu'il y a la majorité de la digestion enzymatique, sous l'action du suc intestinal, du suc pancréatique et de la bile.

1 Le suc intestinal

Composition :

- eau(98%), minéraux (rôle tampon) (pH \sim 8.3)
- mucus (surtout au niveau du duodénum)
- cellules
- enzymes polycytiques
- lipases
- peptidases : pepsine de l'estomac
- entérokinase : activation d'une peptidase pancréatique : la trypsinogène \rightarrow trypsine

Sécrétion :

- sécrétine
- mécanique

2 Le suc pancréatique

- clair, visqueux, inodore

expériences qui ont permis du suc pancréatique

- eau (98.5%), minéraux (rôle tampon) (pH \sim 8-9)
- amylase (dégrader l'amidon cru ou cuit)
- lipases
- enzymes protéolytiques : trypsinogène / chymotrypsinogène

La trypsine va aussi activer la chymotrypsinogène en chymotrypsine
La pepsine est activée au pH idéal 7-8

Sécrétion :

- canal de Wirsung
- passage des aliments dans la cavité buccale, oesophage, estomac : sécrétion de courte durée.

C'est lorsque le chyme arrive qu'il y a une sécrétion plus importante.

- duodénum : sécrétine / cholécystokinine

3 La bile

Composition :

- visqueux, amer, (pH \approx 8)
- eau (97.5%), minéraux, Ag, cholestérol
- sels biliaires
- pigments

Déshydratation de la bile du foie dans la vésicule biliaire \rightarrow concentration

La bile va faire une émulsion et donc il y a un accès des lipides aux lipases.

Il y a trois molécules qui vont inhiber la fabrication de sucs pancréatiques.

4 Le devenir des principaux substrats organiques

La digestion se fait dans la lumière intestinale et se poursuit dans les cellules intestinales (épithélium)

Il n'y a cependant pas de digestion des lipides dans les cellules.

Il y a beaucoup d'enzymes qui attaquent les protéides car elles ne s'attaquent pas à la même chose.

b Phénomènes mécaniques

- malaxage / imprégnation

Il existe différents mouvements :

- mouvements pendulaires : oscillation

- mouvements segmentaires : mobilisation des mouvements circulaires qui vont couper le chyme pour créer des zones de contact supplémentaires
- mouvements péristaltiques : initiés par les fibres, l'anneau se serre et avance (sorte d'ondes) dans le but de faire avancer le chyme

L'arrivée du chyme a aussi des conséquences mécaniques.

Entre l'iléon et le caecum, il y a une **valvule iléo-caecale**

À la sortie de l'intestin grêle, on a le chyle (provenant du chyme)

4 La digestion dans le Gros Intestin

Il n'y a plus de digestion enzymatique car il n'y a plus rien à digérer

Le rôle : former les fèces et les éjecter.

a Phénomènes fermentaires

Il y a cependant un rôle fermentaire via des micro-organismes qui vont dégrader ce qu'il reste. Les enzymes bactériennes vont dégrader la cellulose, l'hémicellulose => création d'Acides Gras Volatiles et vont apporter de l'énergie à l'animal.

AGV : 5-12% de l'énergie à l'animal (chez le porc).

Pour les aa, il y a fabrication d'ammoniac

On arrive à la formation des fèces : restes non dégradés des aliments, des sucres digestifs, des micro-organismes, une partie des cellules desquamées

b Phénomènes mécaniques

- mouvements de brassage : mouvements pendulaires, segmentaires, contractions toniques : dans le but de déshydrater les fèces
- mouvements de transport : contractions péristaltiques

5 La régulation des sécrétions digestives

Système nerveux autonome

Contrôle humoral : rôle de sécrétion ou d'inhibition

6 L'équilibre de la flore du tube digestif du porc

- Les micro-organismes n'ont un rôle qu'après la valvule iléo-caecale
La présence des bactéries dans l'IG entraîne une baisse de l'absorption
- Protection : Stérilisation du bol alimentaire dès la cavité buccale pour essayer de tuer ces parasites, l'acidité gastrique élimine les parasites, la bile va limiter le développement des parasites.

La perturbation de la flore peut être induite par le stress, la surpopulation, une mauvaise conduite alimentaire dans les transitions alimentaires (il n'y a pas les enzymes nécessaires).

II Particularité de la digestion chez d'autres monogastriques

1 La digestion chez le cheval

Adaptation à manger beaucoup de fourrages

a Dans la cavité buccale

Mastication plus poussée, + de salive

b Dans l'estomac

Faible volume par rapport à l'animal

L'estomac va se vider 2 à 3 fois au cours du repas, il ne reste que le dernier tiers (qui va rester 5-6 heures) lors des repas en box

Il y a un faible brassage quand c'est vidangé rapidement => digestion limitée, pas de stérilisation du contenu digestif, empêche l'éruption et les vomissements.

La pepsine ne sera pas super efficace (car pH = 6)

c Dans l'intestin grêle

Digestion enzymatique des glucides, protéines, lipides.

Le cheval n'a pas de vésicule biliaire, mais il n'y a pas d'impacts sur la digestion.

d Dans le Gros Intestin

Forte activité microbienne au niveau caecum & côlon replié (5-7 milliards de bactéries par grammes de contenu)

Les microorganismes sont là pour dégrader la cellulose (glucides pariétaux) via des bactéries cellulolytiques

Le chyle va rester 36h dans le GI : milieu favorable au développement des bactéries (pH constant, anaérobie, T° constant), mais aussi un brassage dues aus mouvements du cheval.

Les amidons résiduelles et e glucides pariétaux vont être dégradé en AG Volatils

Les matières azotées vont être dégradé en ammoniac (NH₃).

2 La digestion chez le lapin

Il y a une adaptation au niveau de l'alimentation en fonction de la composition de la ration et aussi en fonction de la quantité des aliments ingérés.

a De la bouche au caecum

b Après le caecum

Microrganismes, bactéries cellulolytiques, il y a toutes les réactions qui en découlent.

Le lapin va remanger ses crottes molles pour récupérer pleins de bonnes choses (protéines, reste à digérer, minéraux) => augmente l'efficacité alimentaire
Il y a de l'azote de les caecotrophes que le lapin va pouvoir récupérer.

Les crottes de la journée sont molles (caecotrophes) et dures la nuit (celles que l'on voient)

Il ya une inversion du cycle en fonction de la période à laquelle on donne la nourriture au lapin. Si il mange la nuit, il fera ces caecotrophes la journée, et fera ses crottes dures la nuit.

c Bilan de la caecotrophie

1 Transit digestif

Augmente le temps de séjour, avec une utilisation digestive, une meilleur efficacité alimentaire, avec des protéines et des minéraux.

2 Composition

Eau, M Azotée, parois

Recyclage, corps microbiens

3 Régulation

Rythme alimentaire, régulation via les glandes surrénales pour la durée

3 La digestion chez le poulet

a Dans la bouche

Aucune mastication (faible)

b Dans le jabot

Humectation des aliments

c Dans les estomacs

Dans le ventricule succenturié, les enzymes ne vont pas être super actives à cause du pH

Dans le gésier, il y a le broyage des grains, digestion par des enzymes du ventricule

d Dans l'intestin grêle

Digestion classique

e Dans le caecum

Il n'a pas un rôle très important mais dégradation de l'enveloppe des grains (faible)

Apport faible AG Volatil par le caecum

III Particularité de la digestion chez les ruminants

1 Fraction anté-gastrique

a Bouche

Adaptation de la cavité buccale

Mastication brève et rapide au cours de l'ingestion (70-80 coups par minutes : évaluer la qualité du fourrage) et lors de la rumination, mastication lente et longue

La salive : pH tampon (8.2) et sans enzymes, recyclage de l'urée

b Déglutition

2 sphincters.

Ingestion : 5 à 8 h par jour

2 Digestion dans le rumen

Liquide au fond avec de petites particules en suspension, au dessus de longues particules enchevêtrées et du gaz en haut.

a Les phénomènes mécaniques

Rumen toujours rempli (jamais vide), et 3/4 d'eau brassé

Contraction permanentes qui permettent de brasser le contenu ruminal (2500 contractions / jour)

Éructation des gazs : 400-600 L des gazs par jour.

Rumination = mérycisme => refractionner les aliments

Elle va durer sur 25 à 40 minutes soit une quinzaine de période de rumination dans la journée et débute minutes après le repas.

C'est un mouvement réflexe déclenché par le frottement des aliments fibreux sur la paroi du rumen mais le mouvement peut être interrompu par un stress.

Régulation aussi hormonale pour la rumination

Le réseau est un tamis qui donne la taille des particules. Si c'est trop gros, ça retourne dans le rumen.

Le brassage se fait par une contraction réseau, sac dorsale, sac ventral, ce qui pousse les aliments vers l'arrière => **cycle primaire**

Le cycle secondaire : permet d'évacuer les gazs

Le réseau permet un transit sélectif (passage < 4mm pour les bovins et < 2 mm pour les ovins/caprins)

Mais les particules sont bcp plus petites (1mm), l'animal rumine 3 fois plus qu'il ingère

La mastication permet de diminuer la taille des particules (rôle de fragmentation), les microorganismes (dégradation) et météorisation (relâchement des gazs)

La fibrosité est l'élément physique tandis que les fibres sont la teneur en cellulose brute, ADF, NDF.

Pour déterminer la fibrosité de l'aliment, on tamise les aliments et on récupère les particules grossières, moins grossières et fine et on pèse la quantité dans chaque tamis.

On secoue 5 fois, 1/4 de tour et on fait ça 8 fois. (soit 2 tours)

b Phénomènes fermentaires

L'action des porags dans le rumen

La densité est de l'ordre de 13 milliards de bactéries / g de nourriture

1 le milieu ruminal

pH stable (6.2-6.5), température constante, contenu (milieu aqueux), anaérobie, brassage, substrat

2 Les microorganismes du rumen

3 types de populations :

- bactéries : 10 milliard par mL de jus de rumen, moitié de la biomasse, les plus présentes, plus de 200 espèces (diversité des variétés va varier en fonction du milieu), bactéries cellulolytique et amylolytiques, régulation de la pop bactérienne équilibrée par les protozoaires
- protozoaires : 5 millions par mL, ciliés : pH à 6-7 : 50% biomasse et disparition si pH < 5.5, dégradation des glucides pariétaux, compétition avec les bactéries et les phagocytes (prédateur), ils restent dans le rumen
- levures : faible quantité de la biomasse, capable de dégradation la lignine (→ cellulose et hémicellulose plus accessible)

c Dégradations des différents constituants des aliments

1 Dégradation des glucides

Pour qu'il y ait dégradation, les microorganismes doivent être en contact => grâce au brassage, la mastication et les bactéries cellulolytiques

3 types de "sucres" :

- glucides pariétaux
- amidon
- glucides solubles

1 Hydrolyse des glucides en "-oses"

2 Fermentation en gaz et AGV (glucose => acide pyruvique => acide acétique (acide butyrique + gaz) ou acide lactique) => AGV sanguins (fonction du pH, des bactéries) (60% des AGV en acide acétique (C2 : favorise la production laitière; C3 : favorise engraissement et TP du lait; C4 : favorise TB (MG) du lait))

2 Dégradation des matières azotées

MA non dégradées : passe directement dans le feuillet

MA dégradées : va former du NH_3 ou des protéines (protéosynthèses qui nécessite de l'énergie)

Certains porgas sont capable de fabriquer des a.a à partir de l'ammoniac

Il y a un recyclage de l'urée via la salive et retrouve dans le rumen.

Va sortir du rumen $\Rightarrow \text{NH}_3$, MAa (alimentaire), MAm (microbienne, MA dégradée et remaniée)

Facteur de variation :

- dégradabilité de l'aliment : utilisation de la cellulose brute pour savoir si la cellulose reste accessible aux microorgas (/! lignine)
- activité microbienne
- brassage, mastication, ...

Méthode de sachet nylon : On met de l'aliment dans un sachet que l'on coud, les porgas peuvent quand même rentrer dans le sachet et dégrader l'aliment.

quelques grammes d'aliments

Immersion dans le rumen : fistule.

cinétique : entre 2 et 48h : on calcul un Taux de Dégradabilité DT : fourrage verts : 0.73; céréales 0.74; tourteaux : 0.75 à 0.6

Technique *in sacco*

Protéosynthèse

- réalisée par les protozoaires ou les bactéries (Azote Non Protéique : Ammoniac)
- Population microbienne : MS = 50% MA dont 80% de protéines dont 8% Lys (A.a le plus limitant dans le monde animal)
- Utilisation de l'énergie : MAm (g) : $145 * \text{MOfermentécible (kg)}$
- Utilisation de l'Azote : MAm = $0.9 * \text{MA dégradées} \Rightarrow$ pour

Digestibilité réelle (par le ruminant) :

- AA microbiens : 80%
- protéines non dégradées dans le rumen : 50-95%

3 Dégradation des lipides

Les lipides vont être hydrolysé en Glycérol et AG (vont être remaniés et passer dans la caillotte : nouveaux profils d'AG)

Bilan

(Figure 3.29 du polycopié)

Il n'y a que du NH_3 et des AGV qui passent dans le sens.

A la sortie du rumen :

- 35-40% de MO non dégradée
- corps bactériens et des protozoaires puis dégradés dans l'estomac

3 Digestion dans le reste du TD

a L'estomac

Caillette : pH acide, sécrétion HCl , pepsinogène (same as estomac of the porc)

Temps de séjour court : 2-3h et pH 2-3

b L'intestin grêle

Pareil que les monogastriques : phénomènes mécaniques et enzymatiques

- glucides -> amidon résiduel hydrolysé en glucose
- MA alimentaire / microbienne -> a.a
- lipides -> AG

c Gros Intestin

Pareil que les monogastriques

Temps de séjour : 15-24h

- Population microbienne sans protozoaires peu active (il ne reste plus rien à dégrader : manque de substrat)
- fécès

d Conclusion

Mo dégradée :

- rumen : 60%
- IG : 25-30%

- GI : 10-15%
- glucose -> AGV
- MA -> AzoteNonProtéique & MatièreAzotémicrobienne

2 phases :

- digestion microbienne : “prédigestion” pour le ruminant par les bactéries
rumen=cuve de fermentation et réseau=centre de tri
- digestion :
feuillet absorbe eau
caillette = estomac

Conclusion

Monogastrique :

- digestion
 - rôle restreint de la flore
- Aliment → animal

Ruminants :

- prédigestion fermentaire
- Aliment → microorganismes → animal