

Resum de l'article: J. Aufrere, K. Theodoridou, R. Baumont. 2012. **Valeur alimentaire pour les ruminants des légumineuses contenant des tannins condensés en milieux tempérés.** INRA Prod. Anim., 25 (1), 29-44.

## Índex

Introducció .....	2
1.- Els tanins condensats de les lleguminoses de les zones temperades .....	2
1.1 Estructura /Bioquímica .....	2
1.2 Contingut en TC i mètodes de determinació .....	2
1.3 Activitat biològica o capacitat dels TC a unir-se a la proteïna .....	3
1.4 Variació del contingut i l'activitat dels TC.....	3
a) Les espècies i varietats .....	3
b) Fase de desenvolupament de la planta.....	3
c) Els òrgans de la planta .....	3
d) La conservació dels farratges .....	3
e) Condicions edafoclimàtiques.....	4
Primeres conclusions.....	4
2. Valor alimentari de les lleguminoses que contenen tanins condensats (TC) .....	4
2.1 Composició química.....	4
2.2 Els efectes nutritius dels tanins condensats (TC) continguts en els farratges .....	5
2.3 La ingestibilitat .....	5
2.4 La digestió de la matèria orgànica .....	5
a) Efecte dels tanins condensats en la digestibilitat en el conjunt del tub digestiu .....	5
b) Efectes sobre la degradació de la matèria seca (MS) al rumen i sobre la producció de metà.....	6
c) Relació entre la digestibilitat de les lleguminoses amb tanins i digestibilitat enzimàtica "pepsina cel·lulasa" .....	6
d) Relació entre la digestibilitat de les lleguminoses amb tanins i el seu contingut en components de la paret cel·lular .....	6
2.5 La digestió de les matèries nitrogenades .....	7
a) la digestibilitat de les matèries nitrogenades al tracte digestiu.....	7
b) Degradació de les MNT al rumen .....	7
c) Digestibilitat de les matèries nitrogenades a l'intestí.....	8
d) Matèries nitrogenades excretades i retingudes per l'animal.....	8
2.6 Quins valors PDI i UF per a les lleguminoses amb tanins condensats? .....	9
2.7 Ús pràctic dels farratges amb TC .....	9
a) Conservació o ensitjament encintat .....	9
b) Ús en les mescles d'espècies.....	10
Conclusió .....	10
Taules i esquema .....	11

## INTRODUCCIÓ

Maximitzar el valor nutritiu dels farratges és un element clau per tal de limitar l'ús d'aliments complementaris en l'alimentació de remugants i augmentar l'autosuficiència alimentària dels sistemes de cultiu.

Les lleguminoses farratgeres tenen un alt contingut de nitrogen, fixen N atmosfèric. L'alta solubilitat de les proteïnes de les fulles fa que la degradació al rumen sigui important, i hi hagi més pèrdues en l'orina. Els tanins condensats (TC) en les vacuoles pot reduir la degradació. Durant la masticació els TC s'uneixen a les proteïnes alimentàries o a les microbianes, formant complexos menys solubles. Tenen la funció de protegir les plantes en condicions d'estrès i mantenir la seva integritat.

D'acord amb el seu contingut a la planta i l'estructura, els TC tindran un efecte beneficiós o perjudicial sobre el valor nutritiu. Es revisa, en l'article, el valor nutritiu de les lleguminoses amb TC. Una part important dels resultats fan referència a la trepadella, i es comparen amb el lotus, enclova (*hedysarum coronarium*) que també en tenen i amb els que no en tenen (alfals, trèvol) de les zones temperades.

### 1.- ELS TANINS CONDENSATS DE LES LLEGUMINOSES DE LES ZONES TEMPERADES

Són compostos secundaris a les vacuoles cel·lulars de les fulles, tiges, arrels, flors i cobertes de les llavors. No estan directament involucrats en el desenvolupament de la planta; tenen un paper protector contra els raigs ultraviolats i la sequedat, els depredadors (insectes, herbívors). No obstant això, les cabres i ovelles prefereixen les fulles amb TC.

#### 1.1 ESTRUCTURA /BIOQUÍMICA

TC es sintetitzen en el citoplasma de les cèl·lules a partir de fenilalanina i acetat per formar unitats de catequina en vacuoles cel·lulars. Són polímers de flavonoides units per enllaços C-C.

Els efectes dels tanins es poden modular per diversos factors, com ara el seu contingut a la planta i pels paràmetres de la seva estructura: el grau de polimerització mitjà (mDP) (és a dir, el pes molecular mitjà), la relació prodelphinidina/procyanidina (PD/PC), la conformació a l'espai (*cis* o *trans*), la capacitat dels tanins per unir-se a les proteïnes i la relació tanins/proteïnes.

Quan la relació PD/PC augmenta, la capacitat dels tanins per unir-se a les proteïnes augmenta (hi ha més grups OH capaços d'unir-se). Això és el que s'observa per al *lotus pedunculatus*, en el qual la relació PD/PC és més gran que el del *lotus corniculatus*. En canvi, la relació PD/PC dels TC de la trepadella i de l'enclova és comparable a la que hi ha en el *lotus pedunculatus*, i resulta que els efectes d'aquests farratges sobre els paràmetres digestius són diferents dels que té el *lotus pedunculatus*. Les diferències del pes molecular dels TC entre el *lotus corniculatus* i el *lotus pedunculatus* podrien explicar els efectes diferents sobre els paràmetres del valor nutritiu (ingestibilitat i digestibilitat), i això fa pensar en d'altres paràmetres per modular els efectes dels TC.

#### 1.2 CONTINGUT EN TC I MÈTODES DE DETERMINACIÓ

El mesurament del contingut de TC és complex, a causa de la seva estructura química. Els mètodes colorimètrics són els més emprats. El mètode de difusió radial determina l'activitat biològica però no està ben adaptat per mesurar el contingut TC. La comparació dels resultats obtinguts pels diferents mètodes són difícils d'estandarditzar.

Per exemple, el contingut més baix en TC del *lotus corniculatus* en relació al del *lotus pedunculatus* no és suficient per si mateix per explicar les diferències des del punt de vista nutritiu.

### 1.3 ACTIVITAT BIOLÒGICA O CAPACITAT DELS TC A UNIR-SE A LA PROTEÏNA

L'activitat biològica o la **astringència**, representa la capacitat dels TC d'enllaçar-se amb la proteïna, però només són els tanins extraïbles els que reaccionen amb proteïnes. En els remugants, els TC d'un farratge s'uniran amb el *rubisco* (enzim ribulosa-1,5-bisfosfato carboxilasa oxigenasa), la principal proteïna dels farratges verds o amb les proteïnes de la saliva, les microbianes, els enzims i les proteïnes endògenes. L'activitat biològica es pot mesurar en el laboratori, però aquest mètode requereix l'ús d'un estàndard per a la seva quantificació.

### 1.4 VARIACIÓ DEL CONTINGUT I L'ACTIVITAT DELS TC

#### A) LES ESPÈCIES I VARIETATS

El contingut en TC i la relació PD/PC poden diferir més o menys depenent de la varietat per a la mateixa espècie. Per a les set varietats de *lotus corniculatus* collides a meitat de floració donen una relació PD/PC que varia entre 16/84 i 33/67 i els nivells en TC, mesurat pel mètode HCL-butanol, de 0,2 a 1,7% de la MS.

#### B) FASE DE DESENVOLUPAMENT DE LA PLANTA

Durant el període de creixement, les plantes produeixen una quantitat elevada de biomassa, i la síntesi dels compostos fenòlics és baixa, mentre que durant la floració, el creixement s'ha alentit i el carboni estaria disponible per a la síntesi de TC.

L'augment de la relació PD/PC i del pes molecular amb l'estat de desenvolupament, si el relacionem amb la disminució de l'activitat biològica és contradictori amb els resultats obtinguts d'altres espècies (raïm, fulles de te). Això podria explicar-se pel fet que la mesura de l'activitat biològica no es fa més que sobre els tanins extraïbles, la quantitat dels quals disminueix amb la maduresa de la planta.

Els tenors en TC i l'activitat biològica són més importants en el segon cicle que en el primer, ja que en el segon la relació fulla/tija és més alta i les condicions ambientals (temperatura mitjana i fotoperíode) diferents dels del primer cicle.

#### C) ELS ÒRGANS DE LA PLANTA

Els TC es poden acumular en diferents teixits (brots, arrels, llavors, tiges). La majoria dels tanins són a les fulles joves de plantes, però els nivells més alts es poden trobar a les flors i als fruits.

Els TC de les flors de trèvol violeta són constituïts per PC, mentre que les flors del trèvol blanc ho són per PD. Per a la trepadella els efectes dels TC sobre la degradació del N al rumen són més importants per a les fulles que per als tiges, en relació a la concentració de TC més elevada, l'activitat biològica més elevada i la relació PD/PC també més elevada.

#### D) LA CONSERVACIÓ DELS FARRATGES

L'avantatge d'utilitzar lleguminoses amb tanins, conservades com ensitjats, rau en el fet que els TC siguin capaços d'unir-se a les proteïnes porta a una hidròlisi menor d'aquestes durant l'emmagatzematge i a una bona conservació de l'ensitjat sense afegir conservants. A més, l'activitat

biològica dels TC és menor en els ensitjats que en el farratge verd, en el cas de la trepadella en dues etapes del desenvolupament (Fi de la primera floració al primer cicle, i inici de floració al segon cicle).

Això s'explica per les concentracions de TC extraïbles i no extraïbles inferiors a l'ensitjat. Però aquests resultats estan en desacord amb d'altres fonts, concretament en el cas del *lotus corniculatus*, de l'*enclova* i, també, de la mateixa trepadella, on diuen que no han trobat modificacions en el contingut dels TC a l'ensitjat en relació al farratge verd. No obstant això, troben que el contingut de tanins lliures es redueix en l'ensitjament, la qual cosa és provocada a l'hora d'ensitjar per la ruptura cel·lular i la conseqüent alliberació dels TC que es podran combinar amb d'altres molècules. En el cas del fenificat, la pèrdua de fulles i l'exposició al sol poden explicar la reducció del contingut dels TC.

## E) CONDICIONS EDAFOCLIMÀTIQUES

L'estrès hídric indueix augmentos en el contingut dels TC, però la distribució entre els tanins lliures i units o no a proteïnes depèn de l'estrès durant el creixement de la planta. Igualment hi ha una relació positiva entre la intensitat de la llum i la quantitat de polifenols produïts en la planta. Es va observar, en el *lotus oliginosus (pedunculatus)*, un augment en el contingut del TC quan la temperatura era de 30°C en comparació amb la de 20°C, mentre que no passava el mateix en el cas del *lotus corniculatus*.

Els majors nivells de TC, també es van observar en els sòls àcids poc fertilitzats, mentre que eren més baixos si el sòl era molt fertilitzat.

## PRIMERES CONCLUSIONS

La relació entre el contingut, l'estructura i la capacitat dels TC per unir-se a les proteïnes són complexos i els resultats depenen, en part, de les **espècies**, l'estat fenològic o de desenvolupament de la planta, de la manera de conservació i del medi ambient. A més a més, els mètodes de determinació emprats arreu no són homogenis. I falten més estudis en tots els àmbits. Per exemple, la relació entre l'estructura química i l'activitat biològica no és fàcil d'interpretar. Per tant, en aquest document, l'estructura dels TC no sempre es podrà tenir en compte per explicar el seu efecte en els paràmetres del valor nutritiu.

## 2. VALOR ALIMENTARI DE LES LLEGUMINOSES QUE CONTENEN TANINS CONDENSATS (TC)

### 2.1 COMPOSICIÓ QUÍMICA

L'estat fenològic i la relació fulla/tija de la planta són els principals factors que influeixen en la composició química (nitrogen, components de la paret cel·lular, sucres solubles, etc.).

A diferència de les lleguminoses convencionals (trèvol, alfals ...), les que contenen TC han estat poc investigades i seleccionades. El contingut MNT o PB és sempre inferior.

Comparant 3 varietats de trepadella i una d'alfals al mateix lloc, a 870 metres, el mateix any, el desenvolupament fenològic fou més precoç en la trepadella al primer cicle. El descens més ràpid en el contingut de proteïna en el primer cicle de cultiu és per a la trepadella, a causa d'una baixada més ràpida de la relació fulles/tiges a partir de l'inici de la floració.

El mètode de Van Soest i Robertson (1980) per determinar el contingut de constituents de la paret cel·lular (NDF) no és aplicable, com a tal, ja que els tanins poden unir-se a proteïnes o complexos amb els components de la paret cel·lular, el que condueix resultats erronis.

S'ha d'aplicar sulfat de sodi a les mostres per eliminar els tanins. S'han de corregir els valors de taules, i el contingut NDF és molt pròxim en els farratges amb tanins als del que no en tenen.

Una particularitat important dels farratges amb TC és que el contingut en glúcids solubles és molt més gran que en les lleguminoses convencionals (alfals, trèvol), la qual cosa facilita la conservació.

## 2.2 ELS EFECTES NUTRITIUS DELS TANINS CONDENSATS (TC) CONTINGUTS EN ELS FARRATGES

L'ús de polietilenglicol (PEG) que es combina als TC per eliminar els seus efectes, sense afectar els enzims microbianes i digestius, permet estudiar l'efecte dels TC en els paràmetres digestius i nutritius, en comparació amb el mateix farratge sense addició de PEG. No obstant això, l'ús de PEG requereix precaucions especials.

La quantitat de PEG, que s'administri als animals en forma líquida, ha de ser suficient per tal de desactivar tots el TC, però una sobredosi de PEG pot augmentar la velocitat de pas de la fase líquida a la sortida del rumen i causar diarrea. Les dosis que s'han utilitzat per estudiar els efectes dels TC de la trepadella (100 g/dia de PEG 4.000; o 160 g/dia PEG 3.500); a l'enclova (120 g/dia de PEG 3500); al *lotus peduncular* (75 a 100 g/dia de PEG 3.350).

## 2.3 LA INGESTIBILITAT

Emprant PEG per desactivar TC, sembla que el contingut de TC no altera significativament la ingesta de farratge verd. Trepadella (TC = 38-77 g/kg MS), enclova (TC = 64-72 g/kg MS), *lotus corniculatus* (TC = 20 a 35 g/kg MS), *lotus pedunculatus* (TC = 53g/kg MS). No obstant això, van observar un efecte negatiu dels TC del *lotus pedunculatus* sobre la ingestibilitat per a nivells de 63 g/kg MS i 55 g/kg MS (sembla, però que hi ha altres causes). L'estructura dels tanins són diferents entre espècies (cas dels lotus). En la trepadella i l'enclova, els TC tenen una estructura anàloga a la del *lotus peduncular*, i els resultats consultats no indiquen una ingestibilitat baixa. Comparant diversos tipus de *Calliandra calothyrsus* (mimosa) mostra que si les unitats PD són dominants en la fracció dels tanins extraïbles, la ingestió augmenta. Aquests resultats indiquen la relació entre el contingut en TC, l'estructura i l'efecte sobre la ingestió no està prou dilucidat.

Tres mecanismes poden explicar l'efecte negatiu d'un contingut elevat de TC sobre la ingestió:

- Reducció de l'apetència
- Disminució de la velocitat de digestió
- Modificacions de les fermentacions microbianes al rumen

## 2.4 LA DIGESTIÓ DE LA MATÈRIA ORGÀNICA

### A) EFECTE DELS TANINS CONDENSATS EN LA DIGESTIBILITAT EN EL CONJUNT DEL TUB DIGESTIU

No es van trobar efectes dels TC sobre la digestibilitat de la matèria orgànica (dMO) del *lotus corniculatus* (2 a 3% de tanins actius), ni tampoc sobre la digestibilitat dels components de la paret cel·lular en el *lotus peduncular* ric en TC. En contrast, es va observar un augment dMO si en el *lotus peduncular* es desactivaven els TC amb PEG (PEG 3.350, dosis de 75 a 100 g/dia). En el cas de l'enclova, en un assaig, van obtenir un augment de 2 punts en la dMO amb la presència de PEG (PEG 3.000, 200 g/dia) i, en un altre no es va observar canvi (PEG 3.350, 40 g/dia).

Si s'emprava PEG per desactivar TC en la trepadella (verd o ensitjat semifenificat) no es va observar cap efecte negatiu en la dMO. En canvi, en trepadella fenificada o ensitjada sí que els TC tenien efectes negatius sobre dMO. Si s'afegia PEG 3.500, 120 g/dia a la trepadella i 160 g/dia a l'enclova es van trobar efectes negatius en la dMO. Les mateixes discrepàncies s'observen en estudis in vitro.

Els efectes variables dels TC sobre dMO s'expliquen en part pel contingut de TC. A més a més, si s'utilitza PEG en quantitats més petites, no es van observar efectes sobre la dMO, i això podria suggerir que no tots els TC eren desactivats.

## B) EFECTES SOBRE LA DEGRADACIÓ DE LA MATÈRIA SECA (MS) AL RUMEN I SOBRE LA PRODUCCIÓ DE METÀ

Si bé no es va observar cap efecte dels TC sobre dMO de la planta entera de trepadella, els TC disminueixen la degradació in situ al rumen de la MS de fulles i tiges collits en verd i en l'ensitjat semifenificat. En altres assaigs es va trobar una menor degradació de la trepadella en verd en comparació amb l'alfals en els mateixos estadis de vegetació, sense que hi hagués diferències en la dMO. Això podria explicar-se pel fet que la reducció de la degradació de la MS al rumen en presència dels TC és compensada per una major digestió en l'intestí, una vegada els complexos TC-proteïna solubilizada, en última instància condueix a una manca de efecte sobre la digestibilitat total de la matèria orgànica.

Els TC tindrien activitat antimetanogènica, inhibint les bacteries metanogèniques o indirectament inhibint els protozous.

## C) RELACIÓ ENTRE LA DIGESTIBILITAT DE LES LLEGUMINOSES AMB TANINS I DIGESTIBILITAT ENZIMÀTICA "PEPSINA CEL·LULASA"

La dMO dels farratges és el primer factor de variació del valor energètic, i pot ser previst per un mètode enzimàtic (digestibilitat pepsina/cel·lulasa). L'equació INRA 2007 es va fer sobre 32 mostres d'alfals i trèvol vermell i no incloïa lleguminoses riques en TC.

El mètode de la pepsina/cel·lulasa es pot utilitzar també en lleguminoses amb TC, amb bona predicció.

## D) RELACIÓ ENTRE LA DIGESTIBILITAT DE LES LLEGUMINOSES AMB TANINS I EL SEU CONTINGUT EN COMPONENTS DE LA PARET CEL·LULAR

Tres varietats de trepadella cultivades al mateix any en el mateix lloc, la dMO estimada a partir de la digestibilitat amb pepsina/cel·lulasa està vinculada molt estretament a NDF ( $R^2 = 0,96$ ; ETR = 1,2, n = 39). S'observa que la relació entre la dMO predita a partir de la digestibilitat pepsina/cel·lulasa i de NDF no va ser diferent per la trepadella i l'alfals.

No obstant això, quan es comparen els resultats de dMO *in vivo* de trepadella, disponibles a la literatura, i se'ls relaciona amb NDF, s'observen algunes diferències entre varietats, o entre els estudis. De manera similar, hi ha diferències entre espècies de lleguminoses amb tanins en la relació entre NDF i dMO.

En general, amb idèntic NDF, altres farratges que contenen TC (*lotus corniculatus* i *el peduncular* o l'enclova) semblen tenir una digestibilitat més baixa que l'estimada per les tres varietats de trepadella.

La part de les modificacions atribuïdes a l'entorn o als continguts de TC no es poden quantificar amb exactitud en aquesta comparació.

La baixa digestibilitat d'una mostra de *lotus peduncular* podria estar relacionada amb els alts nivells de TC (106 g / kg MS).

## 2.5 LA DIGESTIÓ DE LES MATÈRIES NITROGENADES

### A) LA DIGESTIBILITAT DE LES MATÈRIES NITROGENADES AL TRACTE DIGESTIU

La digestibilitat de MNT (dMNT) dels farratges en verd o conservats que contenen TC està dèbilment relacionada amb el seu contingut de MNT ( $R^2 = 0,25$ ,  $n = 50$ ). De fet, per a aquests farratges, el contingut i l'activitat més o menys important dels TC donen variacions importants de la dMNT. L'efecte negatiu dels TC sobre la dMNT es demostra en experiments en què el PEG s'afegeix a la dieta.

La presència de PEG fa que la dMNT augmenti de 5-26 punts, en funció de les espècies estudiades. Per tant, fins i tot amb el mateix contingut en MNT, la dMNT és menor per al *lotus peduncular* que per al *corniculatus* en relació amb el contingut i l'estructura del TC. L'efecte dels TC és variable, per a diferents experiències i el mateix farratge, però per a nivells MNT entre 180 i 250 g/kg MS, la dMNT assoleix un màxim en presència de PEG.

Amb el mateix contingut de MNT, la dMNT dels farratges amb TC és menor que la de les mescles d'alfals o de mescles gramínies i lleguminoses. En aquesta comparació, la relació entre dMNT i el contingut de MNT va ser significativa ( $R^2 = 0,52$ ,  $ETR = 3,9$ ,  $n = 16$ ) per als farratges sense TC, i no ho va ser per aquells que tenien TC.

### B) DEGRADACIÓ DE LES MNT AL RUMEN

La disminució en la degradació de nitrogen al rumen dels farratges amb tanins és ben coneguda. Això s'explica per la unió proteïna/tanins que impedeix la degradació de proteïnes. Van trobar que la unió es veu influenciada per l'estructura i el pes molecular de les proteïnes dels TC i de les proteïnes sense modificació de la síntesi de proteïna microbiana al rumen. Les TC podrien unir-se a les proteïnes alimentàries, a la microflora o als enzims microbians.

Es va suggerir que els tanins tenen un efecte sobre la degradació del nitrogen i de les parets, fins i tot quan el contingut de tanins és baix. En una comparació de plantes que continguin o no TC i en un altre comparació entre trepadella i alfals, es confirmaren aquesta disminució de la degradació de nitrogen en el cas de la trepadella. No obstant això, alguns estudis no mostren cap efecte.

Amb trepadella, van observar *in situ* i *in vitro* degradabilitats al rumen més altes de nitrogen per les tiges que per les fulles, tot i que el contingut de nitrogen de les tiges és menor que les fulles. Aquestes diferències poden explicar-se, per una banda, per un major contingut de TC i una activitat biològica més alta de TC en fulles, i, d'altre banda, per ubicacions de nitrogen diferents en els teixits de tiges i de fulles. Les concentracions en nitrogen total (Nt) i en amoníac ( $NH_3$ ) trobades al rumen reflecteixen la degradació de les fraccions ràpidament degradables en el rumen. Sigui quin sigui el cicle de creixement i estat fenològic de la trepadella, els continguts de Nt i  $NH_3$  presenten un pic, igual que per als farratges clàssics, 1,5 hores després del menjar del matí, i després disminueixen fins a 6 hores després del menjar. *In vivo* i *in vitro* amb trepadella en verd, van trobar que l'evolució segueix sent la mateixa durant el dia, però que els nivells de Nt i  $NH_3$  són més alts en presència de PEG, que desactiven els TC. No obstant això, l'efecte del PEG sobre els nivells de Nt i  $NH_3$  no es va observar amb l'ensitjat de trepadella

semifenificada, mentre que sí hi havia efectes amb la trepadella ensitjada i deshidratada, i també amb l'enclova i el *lotus corniculatus*. Una disminució dels tanins lliures i un augment dels TC relacionat amb les parets durant la fermentació en la sitja podria conduir a una disminució en la quantitat de tanins lliures en l'ensitjat podent combinar-se amb proteïnes.

### C) DIGESTIBILITAT DE LES MATÈRIES NITROGENADES A L'INTESTÍ

La unió tanins/proteïnes s'afavoreix al rumen i aquests complexos, que són insolubles al pH ruminal, seran hidrolitzats al quallar i al començament de l'intestí prim a un pH inferior a 3. Hi ha poc estudis sobre la digestió del N dels farratges amb TC.

Amb la tècnica dels saquets de niló es va observar que la digestibilitat de la MNT no degradada al rumen és baixa a l'intestí, en particular en el cas de la trepadella en comparació amb l'alfals. La comparació de la trepadella amb l'alfals o amb el trèvol blanc també indica una disminució de la digestibilitat intestinal del N. No obstant això, no troben diferències en la digestió de nitrogen entre l'alfals i el *lotus corniculatus*, a igualtat de contingut en N. Es va trobar que la desaparició de nitrogen en l'intestí va ser més gran per l'enclova que per la trepadella. Aquest seria el resultat d'un menor contingut de nitrogen i una menor activitat dels TC. La MNT de les fulles de la trepadella és més digerida a l'intestí que les de les tiges, a causa de la menor degradabilitat al rumen. En qualsevol cas, la influència dels TC sobre la digestibilitat intestinal de la MN no està ben coneguda. Tot i així, sembla que les TC inhibeixen la capacitat dels enzims endògens a hidrolitzar les proteïnes en pèptids i àcids aminats. Les TC es poden unir a les cèl·lules bacterianes i al *rubisco* però les interaccions TC/bactèries seran més fortes que les interaccions TC/proteïnes i, per tant, les TC es podran unir als enzims extracel·lulars, inhibint la seva activitat, de manera més o menys important, segons el tipus de TC i de farratge. Les TC del *lotus corniculatus* i de l'enclova augmenten l'absorció dels àcids aminats a nivell de l'intestí, mentre que les del *lotus peduncular* i de la trepadella no produeixen cap modificació de l'absorció (causa: podria ser la diferent estructura química de les TC).

### D) MATÈRIES NITROGENADES EXCRETADES I RETINGUDES PER L'ANIMAL

L'acció dels TC en la digestió de nitrogen al rumen i l'intestí té un gran impacte sobre la naturalesa i la via d'excreció de materials nitrogenats no utilitzats, i sobre el nitrogen retingut per l'animal. La disminució de la taxa de  $\text{NH}_3$  en el rumen en presència de TC condueix a una disminució del nitrogen excretat en l'orina.

L'ús de PEG mostra que aquesta disminució de l'excreció de nitrogen en l'orina és la conseqüència de l'acció dels TC. Altres resultats mostren que l'excreció de nitrogen en l'orina es redueix significativament amb la trepadella en relació a l'alfals. En contrast, la baixa digestibilitat intestinal de la MN provoca un augment en l'excreció de nitrogen en la femta, tal i com es confirma pels resultats obtinguts amb trepadella en verd, semifenificada ensitjada, fenc o deshidratada, i l'ensitjat de raigràs amb mimosa.

Una partició similar de nitrogen excretat va ser trobat amb trèvol i amb enclova, així com per les vaques lleteres alimentades amb raigràs al quals s'havia afegit una proporció significativa de *lotus corniculatus*.

Finalment, en les comparacions amb i sense PEG i entre trepadella i alfals, la quantitat total de nitrogen excretat no és necessàriament modificada, però la seva distribució entre l'orina i la femta sí que hi és. Aquests canvis tendeixen a limitar les pèrdues de nitrogen per lixiviació i volatilització ajudant a reduir l'eutrofització, l'impacte sobre la qualitat de l'aire i la producció d'emissions de gasos d'efecte hivernacle. En efecte, se sap que l'emissió de  $\text{NH}_3$  en l'aire és perjudicial per a la seva qualitat. Particularment el N urinari es converteix ràpidament en  $\text{NH}_3$  i  $\text{NO}_2$ .

El contingut de nitrogen en la femta és menys contaminant i contribuiria a l'acumulació de MO a la terra mentre que el nitrogen urinari pot contaminar l'aigua subterrània.



En termes de nutrició dels remugants, tot i que la digestibilitat intestinal de trepadella es redueix en comparació amb el de l'alfals, la quantitat de nitrogen retingut per l'animal no s'altera en presència de TC actius.

## 2.6 QUINS VALORS PDI I UF PER A LES LLEGUMINOSES AMB TANINS CONDENSATS?

L'estimació de PDI requereix conèixer: a) contingut MNT, b) la degradabilitat teòrica de MNT (DT), c) la digestibilitat real de la proteïna alimentària a l'intestí (dr), d) la matèria orgànica fermentable, en funció de la matèria orgànica digerible. Les mesures de DT i dr realitzades amb la tècnica dels saquets de niló (trepadella, alfals) es van comparar amb els valors calculats a partir del contingut de MNT i emprats en les taules INRA 2007. Per a la trepadella, els valors de DT i dr mesurats són menors que els calculats (veure Taula 2). Per a l'alfals, els valors de DT i dr mesurats són consistents amb els calculats a partir del contingut de MNT (lògic ja que INRA 2007 no inclou mesures de farratges amb tanins condensats).

Al final, els valors PDIA estimats a partir dels mesuraments són propers als estimats a partir de les equacions usades per taules INRA 2007 (Taula 2).

De fet, la sobreestimació de la digestibilitat intestinal compensa la subestimació de la quantitat de MAT que escapa la degradació al rumen. De manera similar, els valors PDIE estimats a partir de les mesures són similars als estimats a partir de les equacions del INRA 2007. No obstant això, el càlcul fet amb les equacions INRA 2007 sobreestima el valor PDIN de la trepadella entre 10 i 20 g. Les estimacions fetes a partir de mesures experimentals mostren que els valors PDIN PDIE de la trepadella són molt més equilibrats que els d'alfals.

Les dades de dMO d'aquests experiments sobre la trepadella es van utilitzar per al càlcul del valor energètic dels farratges que contenen TC (Taula 2). Els valors obtinguts són similars als de les Taules INRA 2007 per les corresponents estats fenològics.

## 2.7 ÚS PRÀCTIC DELS FARRATGES AMB TC

L'ús d'aquests farratges és limitat a França. S'han fet poques millores genètiques. Sovint són de difícil implantació. En comparació amb alfals, el seu rendiment pot ser baix (cas de *lotus corniculatus*), la perennitat pot ser limitada (en el cas de trepadella), i alguns (enclova) no resisteixen les gelades.

### A) CONSERVACIÓ O ENSITJAMENT ENCINTAT

Aquests farratges tradicionalment són pasturats sense risc de timpanisme i es conserven fenificats. Com ensitjat semifenificat és menys dependent del temps atmosfèric.

La presència de TC capaços d'unir-se a les proteïnes implica una menor hidròlisi d'aquestes en l'ensitjat i dona una bona conservació de la trepadella sense l'addició de conservants.

A més, els alts nivells de carbohidrats solubles permeten el desenvolupament de lactobacils que transformen els carbohidrats en àcid làctic amb la conseqüent disminució addicional del pH i una bona conservació d'ensitjat.

## B) ÚS EN LES MESCLES D'ESPÈCIES

Les barreges d'espècies que combinen gramínies i lleguminoses poden proporcionar als remugants una alimentació de qualitat, regularment durant l'any i evitar el risc de pèrdues de nitrogen, tant en el cultiu com en el consum per part de l'animal. Tradicionalment, la trepadella es sembra amb festuca o fleo però també pot ser barrejada amb altres espècies.

Les mescles de lleguminoses amb TC és un bon sistema ja que la degradabilitat de la proteïna de la barreja al rumen és inferior a la mitjana dels farratges pes si sols. Exemples: Alfals i lotus, trepadella i alfals, trepadella i dàtil.

En la mescla trepadella i alfals, el 75% de trepadella és necessari per observar un efecte en la dieta.

## CONCLUSIÓ

La relació entre el contingut de TC de les lleguminoses, la seva estructura bioquímica i l'activitat biològica són complexos. Aquests varien depenent de les espècies, la varietat, condicions de cultiu, estat de desenvolupament o fenològic, i la manera de conservació de farratges.

Com a resultat, els efectes dels TC sobre els paràmetres del valor nutritiu (ingestibilitat, digestibilitat de la matèria orgànica, degradació de proteïna) no són unívocs. Aquests efectes depenen no només del contingut de TC en el farratge, sinó també d'altres paràmetres relacionats amb l'estructura dels TC. La determinació del pes molecular, la relació PD/PC, la conformació en l'espai dels TC semblen necessaris per explicar els seus efectes digestius.

Els efectes dels TC sobre el valor nutritiu es resumeixen a l'esquema. Aquest esquema indica que els TC en quantitats moderades en algunes lleguminoses conreades a zones temperades causen pocs canvis en la digestibilitat, en comparació amb un farratge sense tanins. En contrast, per al valor nitrogenat, la presència de TC en general condueix a una disminució en la degradació de la proteïna al rumen i un augment o una disminució en la digestibilitat en l'intestí.

El nitrogen retingut per l'animal no és modificat, o si ho és en quantitat limitada. Una disminució en el nitrogen excretat en l'orina s'observa generalment, la qual és compensada per un augment en el nitrogen excretat en la femta. Això és favorable per a la reducció de la quantitat de nitrogen a través de la lixiviació i la volatilització, ajudant, d'aquesta manera a reduir la eutrofització, i la producció d'emissions de gasos d'efecte hivernacle.

A partir de mesuraments experimentals de la digestibilitat, de la DT i dr, sembla que les estimacions proposades per a la trepadella, mitjançant les equacions de les taules INRA 2007 donen valors coherents per al valor energètic i per al PDIE. No obstant això, els valors PDIN són sobreestimats i s'han de reduir de 10 a 20 g/kg MS.

TAULES I ESQUEMA

Farratges	Composició química g/kg MS			
	MNT	GLÚCIDS SOLUBLES	NDF	TC
Enclova, verd	175	232	202	68
Alfals sec	240	152	314	0
Raigràs/trèvol blanc, verd	185	135	444	0
Trèvol violeta, verd	244	111	342	3
Enclova, verd	197	176	226	35
Lotus pedunculat, verd	264	113	293	53
Alfals sec	220	150	352	0
Trepadella, verd, vegetatiu	223	148	208	16,1
Trepadella, verd, inici botons	98	122	443	14,2
Alfals, verd, vegetatiu precoç	220	92	198	0
Alfals, verd, vegetatiu tardà	158	52	445	0
Lotus corniculatus, ensitjat, final botons	218	50	329	No mesurat
Trepadella, ensitjat, final floració	121	29	404	No mesurat
Trèvol violeta, ensitjat, floració	213	90	345	No mesurat
Alfals, ensitjat, inici floració	182	5,5	480	0

Taula 1. Composició química d'alguns farratges amb TC o sense. Diversos autors

g/kg MS	Trepadella (Zeus), verd				Trepadella (Perly), verd						Trepadella (Perly), encintat			
	V		IF		FF		Fr.		R5		FF		R5	
MNT	161		124		143		145		187		140		174	
DT, %	59,1	76,1	62,5	72,7	53,4	74,5	52,8	74,7	57,3	78,2	69,1	78,7	62,0	80
dr, %	49,2	80,5	44,6	76,4	46,7	78,5	52,4	78,7	49,6	79,4	17,8	67,6	39,1	69,5
PDIA	36	34	23	29	35	32	40	32	44	36	9	22	29	27
PDIMN	51	68	42	50	40	59	40	60	57	82	53	62	58	78
PDIME	50	52	51	52	42	45	36	39	44	47	35	39	41	46
PDIN	87	102	65	79	74	91	80	92	101	118	62	84	87	105
PDIE	86	86	74	80	77	76	76	71	88	83	44	61	69	73
dMO, %	71,2		68,2	71	61,0	62	56,0		65,0		54,0		62,0	
UFL, kg MS	0,90		0,86	0,83	0,69	0,70	0,60		0,74		0,56		0,70	
UFV, kg MS	0,85		0,80	0,77	0,60	0,61	0,50		0,66		0,46		0,61	
		INRA		INRA		INRA		INRA		INRA		INRA		INRA

V (vegetatiu); IF (inici floració); FF (final floració); Fr. (Fructificació); R5 (rebrot, 5 setmanes)

Taula 2. Estimació valor nutritiu trepadella, assaigs INRA, comparació INRA 2007

Esquema dels principals efectes potencials dels tanins condensats (TC) dels farratges de zones temperades.

Els TC provoquen astringència que afecta la palatabilitat i la ingestió

