


Graines de lin et de tournesol dans l'alimentation de la vache laitière

F. SCHORI, C. FRAGNIÈRE, W. SCHAEREN et W. STOLL, Agroscope Liebefeld-Posieux, CH-1725 Posieux et CH-3003 Berne

 E-mail: fredy.schori@alp.admin.ch
Tél. (+41) 26 407 72 15.

Résumé

Trois groupes constitués chacun de onze vaches laitières ont reçu la même ration journalière composée de foin à volonté, de 15 kg de betteraves fourragères et de fourrage concentré. Pendant l'essai, 500 g de matière grasse ont été distribués sous forme de graines de tournesol et de graines de lin non traitées ou extrudées. Aucune différence entre les variantes dans la consommation de foin et la consommation totale n'a été relevée. De même, aucune différence significative n'a été observée dans la production laitière moyenne et les teneurs du lait. La distribution de graines de tournesol et de graines de lin non traitées ou extrudées a amélioré la composition de la matière grasse du lait au point de vue technologique (C18:1:C16:0 > 0,8) et nutritionnel (réduction des acides gras saturés à chaînes courtes et moyennes et augmentation des acides gras à longues chaînes et polyinsaturés, tels que l'acide linoléique et l'acide linoléique). Les graines de lin extrudées ont fait augmenter les teneurs en acides linoléique et linoléique de 11 et 52% dans le lait comparativement aux graines de lin non traitées. Bien que le taux de passage soit faible (6,8%), la teneur en acide linoléique du lait a pu être plus que doublée avec les graines de lin extrudées. La recherche d'une protection encore plus efficace contre l'hydrogénation microbienne dans la panse est cependant judicieuse.

Dans le fromage frais, la proportion des acides gras intéressants du point de vue nutritionnel (CLA, Oméga-3, Oméga-6 et acides gras insaturés) est légèrement plus basse. La maturation du fromage et la transformation en beurre influencent à peine la proportion des acides gras. C'est avec le lait de la variante à graines de lin extrudées que la pâte des fromages expérimentaux (tilsit et emmental) a présenté les meilleures propriétés.

Introduction

Dès le début de l'affouragement d'hiver, certaines difficultés apparaissent (pâte trop dure) dans la fabrication de fromages à pâte dure comme l'emmental, le gruyère, le tilsit, etc. Ces problèmes proviennent du passage de l'herbe au foin dans l'alimentation de la vache, provoquant la réduction des acides gras insaturés et l'augmentation des acides gras saturés dans la matière grasse du lait. La transformation de ce lait donne un beurre ou une pâte de fromage trop durs. Cette modification a des conséquences financières importantes pour les fabricants de fromage, puisqu'une pâte trop dure est considérée comme de mauvaise qualité.

Dans des essais antérieurs, Stoll *et al.* (2001, 2002 et 2003) ont démontré que la consistance de la matière grasse du lait issu de rations hivernales à base de

foin a pu être améliorée par l'ajout de graines de colza, de tournesol et de lin. En effet, certaines graines oléagineuses augmentent la proportion des acides gras intéressants du point de vue nutritionnel dans le lait. Ainsi, les graines de tournesol font par exemple monter

le taux d'acides linoléiques conjugués (CLA) et les graines de lin la teneur en acides gras Oméga-3.

En Suisse et à l'étranger, on commercialise de plus en plus de denrées alimentaires riches en CLA ou en Oméga-3. Pour savoir si ces acides gras intéres-

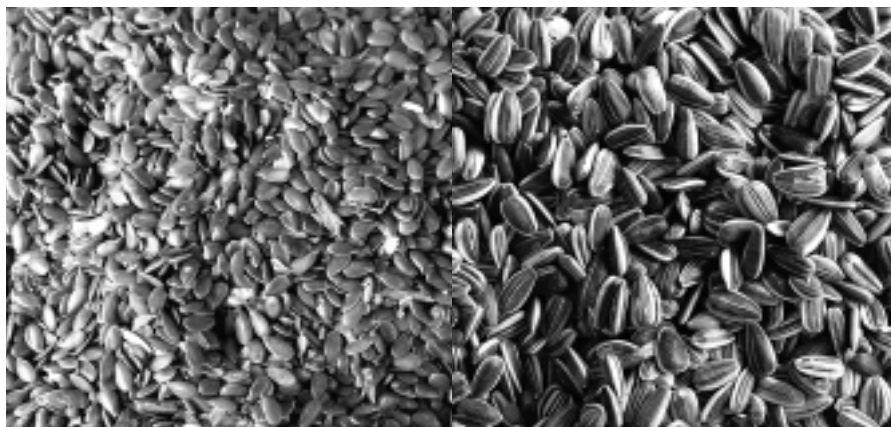


Tableau 1. Plan expérimental.

| PÉRIODE | DURÉE | RATION | | |
|----------------------|------------|---|------------------------------|--|
| | | Variante A | Variante B | Variante C |
| Période préliminaire | 2 semaines | Foin <i>ad lib.</i> , 15 kg de betteraves fourragères, mélange de céréales, concentré protéiques et mélange minéral | | |
| Période d'essai | 4 semaines | Graines de tournesol (500 g de MG) | Graines de lin (500 g de MG) | Graines de lin extrudées (500 g de MG) |

sants sur le plan nutritionnel se retrouvent dans le beurre et le fromage, Agroscope ALP Liebefeld-Posieux a entrepris un essai sur l'influence de la transformation technologique des graines de lin (extrusion) sur le profil des acides gras du lait, du beurre et du fromage.

Description de l'essai

Trois groupes, comprenant chacun onze vaches laitières, ont reçu pendant deux semaines la même ration journalière de base, 15 kg de betteraves fourragères et foin à volonté. Ensuite, pendant les quatre semaines de l'essai, 500 g de matière grasse ont été distribués selon

la variante sous forme de graines de tournesol ou de graines de lin, non traitées ou extrudées, moulues dans les deux cas. (tabl.1). Les rations ont été

Tableau 2. Valeurs nutritives des aliments de la ration de base (teneurs en g/kg MS).

| | Foin | Betteraves fourragères |
|-----------------|------|------------------------|
| Protéine brute | 147 | 45 |
| MG brute | 22 | 4 |
| Cellulose brute | 250 | 41 |
| Cendres | 100 | 73 |
| NEL [MJ] | 5,6 | 7,7 |
| PAIE | 93 | 83 |
| PAIN | 91 | 26 |

Tableau 3. Valeurs nutritives des aliments complémentaires (teneurs en g/kg MS).

| | Mélange de céréales | Concentré de protéines | Mélange de substances minérales | Mélange graines de tournesol-son* | Mélange graines de lin-son* | Mélange graines de lin extrudées-son* |
|-----------------|---------------------|------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|
| Protéine brute | 122 | 560 | 48 | 157 | 207 | 215 |
| MG brute | 29 | 71 | 68 | 281 | 226 | 242 |
| Cellulose brute | 28 | 40 | 60 | 128 | 74 | 76 |
| Cendres | 52 | 49 | 507 | 50 | 46 | 46 |
| NEL [MJ] | 8,0 | 8,8 | 4,5 | 10,1 | 9,3 | 9,7 |
| PAIE | 105 | 334 | 41 | 74 | 91 | 91 |
| PAIN | 84 | 430 | 31 | 101 | 133 | 138 |
| Ca | 9,8 | 2,5 | 98,0 | 2 | 2,1 | 2,1 |
| P | 3,8 | 5,9 | 57,2 | 9,9 | 9,1 | 8,8 |
| Mg | 2,0 | 2,2 | 18,3 | 4,1 | 4,1 | 4,1 |

*Pour prévenir les problèmes lors de la transformation, les graines oléagineuses ont été mélangées au préalable avec du son de blé dans un rapport de 1:1.

Tableau 4. Profil d'acides gras des graines de tournesol et de lin (en % des acides gras totaux).

| | Mélange de graines de tournesol-son* | Mélange de graines-son* | Mélange de graines de lin extrudées-son* |
|------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|--|
| Acide palmitique C 16:0 | 6,81 | 6,54 | 6,21 |
| Acide palmitoléique C 16:1 | 0,12 | 0,10 | 0,09 |
| Acide margarique C 17:0 | 0,04 | 0,05 | 0,05 |
| Acide heptadécénoïque C 17:1 | 0,01 | 0,07 | 0,07 |
| Acide stéarique C 18:0 | 4,10 | 3,38 | 3,48 |
| Acide oléique C 18:1 | 18,02 | 19,00 | 18,87 |
| Acide linoléique C 18:2 | 68,92 | 19,86 | 18,73 |
| Acide linoléique C 18:3 | 0,59 | 50,17 | 51,75 |
| Acide arachidique C 20:0 | 0,27 | 0,15 | 0,17 |
| Acide eicosanique C 20:1 | 0,16 | 0,23 | 0,20 |
| Acide béhénique C 22:0 | 0,63 | 0,15 | 0,14 |
| Acide lignocérique C 24:0 | 0,20 | 0,10 | 0,05 |

complétées par un mélange de céréales et un concentré protéique, calculé en fonction de la production laitière moyenne de chaque vache, des teneurs du lait, du poids vif et de la consommation de nutriments relevés la semaine précédente. Les valeurs nutritives des composants de la ration de base et du fourrage complémentaire figurent dans les tableaux 2 et 3. Le tableau 4 présente le profil des acides gras des différentes graines oléagineuses.

Douze vaches primipares et 21 vaches multipares ont été réparties dans les trois variantes selon leur lactation, leur production laitière et les teneurs du lait. Au début de la période préliminaire, les vaches se trouvaient en moyenne dans la 14^e semaine de lactation. La production laitière et la consommation ont été relevées tous les jours, les teneurs du lait une fois par semaine. Pendant la 2^e semaine de la période préliminaire, de même que pendant la 2^e et la 4^e semaine d'essai, des échantillons de lait ont été prélevés individuellement afin d'analyser le profil des acides gras.

Au début de la 4^e semaine d'essai, le lait a été acheminé pendant trois jours consécutifs vers la fromagerie pilote de Liebefeld et transformé en tilsit pasteurisé et en emmental. Les profils des acides gras du lait de chaudière, du fromage frais et du fromage après affinage (tilsit: 120 jours, emmental: 150 jours) ont été analysés. Du beurre a été produit à partir de crème douce et acidulée pendant deux jours consécutifs. Un panel de dégustation a évalué la qualité des fromages.

Résultats

Aucune différence de consommation de fourrage

Les variantes n'ont présenté aucune différence au niveau de la consommation de foin, de concentré et de l'ensemble du fourrage (tabl. 5). Avec 4 à 4,3% de la matière grasse totale dans la matière sèche de la ration, soit 875 à 949 g par vache et par jour, l'apport en matière grasse ne laissait présager aucun effet négatif sur la consommation de fourrage. Dans un autre essai, Stoll *et al.* (2003) rapportent également que la distribution d'un kg de graines de colza, de tournesol ou de lin n'a eu aucune répercussion sur la consommation de foin et la consommation totale. La différence entre la consommation des graines de tournesol et de lin était due à l'objectif de l'essai qui cherchait à équi-

Tableau 5. Consommation de fourrage pendant la période d'essai (kg MS par jour) et poids vif en kg.

| | Graines de tournesol | Graines de lin | Graines de lin extrudées | Valeur p | S _x [*] |
|---------------------------------------|----------------------|--------------------|--------------------------|-------------|-----------------------------|
| Fourrage sec | 14,9 | 14,6 | 14,9 | 0,85 | 0,39 |
| Betteraves fourragères | 3,1 | 3,0 | 3,5 | 0,13 | 0,2 |
| Total ration de base | 18,0 | 17,6 | 18,4 | 0,44 | 0,44 |
| Mélange de graines oléagineuses | 1,84 ^a | 2,05 ^{ab} | 2,18 ^b | 0,02 | 0,07 |
| Concentré protéique | 0,61 ^a | 0,49 ^{ab} | 0,44 ^b | 0,03 | 0,05 |
| Mélange de céréales | 1,28 | 1,35 | 1,22 | 0,87 | 0,18 |
| Mélange de substances minérales | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,52 | < 0,01 |
| Total aliments complémentaires | 4,0 | 4,2 | 4,1 | 0,93 | 0,24 |
| Total consommation | 22,0 | 21,8 | 22,5 | 0,34 | 0,36 |
| Poids vif moyen | 660 | 662 | 686 | 0,43 | 15,12 |

*Erreur standard.

librer la quantité de matière grasse dans chacune des variantes, en tenant compte des différentes teneurs des graines oléagineuses. Pour garantir dans toutes les variantes un apport de protéines conforme aux besoins, la variante avec le tournesol, qui contient moins de protéines brutes, comportait une plus grande quantité de concentré protéique.

Pour calculer la consommation journalière de matière grasse provenant des graines oléagineuses (tabl. 6), nous avons tenu compte des résultats d'analyse à la réception et des échantillons prélevés pendant l'essai. La consommation significativement plus basse de la matière grasse par les vaches laitières de la variante «graines de lin non traitées» découle des résultats d'analyse plus élevés de la matière grasse du mélange (graines de lin non traitées et son), lors du calcul de la ration, et des valeurs d'analyse plus basses pendant l'essai. L'apport en énergie, en protéines, en PAIE et en PAIN¹ (tabl. 6) par la ration était semblable dans toutes les variantes. De même, aucune différence significative n'a été relevée dans la valorisation des nutriments en NEL, PAIE et PAIN par kg d'ECM (tabl. 6).

Production laitière

La production laitière, effective et corrigée par rapport à sa teneur en énergie, de même que les teneurs moyennes en matière grasse du lait et en protéines n'ont pas significativement différé entre les variantes (tabl. 7). Dans la variante «graines de tournesol», la teneur en

¹PAI: protéines absorbables dans l'intestin.
PAIE: = PAI synthétisées à partir de l'énergie disponible.

PAIN: PAI synthétisées à partir de la matière azotée dégradée.

NEL: énergie nette pour la production laitière.

matière grasse du lait a diminué pendant la période d'essai de manière plus marquée, mais non significative. Stoll *et al.* (2003) ont remarqué que la teneur en matière grasse du lait tendait à être plus basse quand la quantité de graines de tournesol passait de 1 à 1,5 kg par vache et par jour. Baumann et Griinari (2001) ont démontré que l'isomère

trans-10, *cis*-12 C18:2 (CLA) inhibe la synthèse de la matière grasse du lait. Parallèlement à cela, ils ont également constaté une augmentation des *trans*-10 C18:1 (produit intermédiaire de l'hydrogénation microbienne des *trans*-10, *cis*-12 C18:2) et *trans*-10, *cis*-12 C18:2 dans la matière grasse du lait. Toutefois, cette augmentation n'a pas été observée dans le présent essai, car ces isomères n'ont pas été analysés individuellement. Cependant, les observations faites par ces auteurs pourraient expliquer la diminution plus marquée de la matière grasse du lait lorsque davantage de graines de tournesol étaient distribuées. Aucune différence entre les variantes n'a été observée dans les teneurs en lactose, en urée ou dans le nombre de cellules du lait. Pour Soita *et al.* (2003) également, la production laitière, les teneurs en matière grasse et en protéines n'ont pas varié avec la distribution de 1 kg de graines de lin, non traitées ou micronisées, à la place de 1 kg d'orge de la ration de contrôle. Mustafa *et al.* (2003), comparant l'effet d'une ration de contrôle avec des graines de lin non

Tableau 6. Consommation de MG, d'énergie et de protéines par jour et valorisation des nutriments par kg ECM.

| | Graines de tournesol | Graines de lin | Graines de lin extrudées | Valeur p | S _x [*] |
|--------------------------------------|----------------------|------------------|--------------------------|----------|-----------------------------|
| MG [g] | 949 ^a | 875 ^b | 937 ^a | 0,01 | 17,36 |
| par le biais de graines oléagineuses | 523 ^a | 462 ^b | 526 ^a | 0,02 | 16,73 |
| MG [%/kg MS] | 4,32 | 4,04 | 4,17 | 0,12 | 0,09 |
| NEL [MJ] | 145 | 143 | 149 | 0,20 | 2,3 |
| NEL [MJ/kg MS] | 6,59 | 6,57 | 6,61 | 0,61 | 0,03 |
| MA [g] | 3137 | 3150 | 3215 | 0,52 | 51 |
| PAIE [g] | 2142 | 2116 | 2167 | 0,60 | 35 |
| PAIN [g] | 2003 | 2008 | 2042 | 0,70 | 35 |
| NEL/ECM [MJ/kg] | 3,37 | 3,29 | 3,46 | 0,20 | 0,06 |
| PAIE/ECM [g/kg] | 53,9 | 53,1 | 54,4 | 0,60 | 0,90 |
| PAIN/ECM [g/kg] | 49,5 | 49,6 | 50,3 | 0,70 | 0,76 |

MA = matière azotée. *Erreur standard.

Tableau 7. Production laitière et teneurs du lait.

| | Graines de tournesol | Graines de lin | Graines de lin extrudées | Valeur p | S _x |
|--------------------------------|----------------------|----------------|--------------------------|----------|----------------|
| Lait [kg/jour] | 31,1 | 30 | 29,9 | 0,43 | 0,72 |
| Lait ECM** [kg/jour] | 32,1 | 32,0 | 31,9 | 0,99 | 0,79 |
| Teneur en MG [%] | 4,34 | 4,54 | 4,52 | 0,46 | 0,12 |
| Quantité de MG [g/jour] | 1343 | 1347 | 1339 | 0,99 | 40 |
| Teneur en protéines [%] | 3,16 | 3,32 | 3,36 | 0,02* | 0,05 |
| Quantité de protéines [g/jour] | 977 | 980 | 998 | 0,79 | 23 |
| Teneur en lactose [%] | 4,97 | 5,05 | 4,99 | 0,10 | 0,03 |
| Urée [mg/l] | 185 | 198 | 206 | 0,36 | 10,5 |
| Nbre de cellules/ml | 79114 | 46909 | 82796 | 0,28 | 16976 |

Analyse de covariance avec l'intégration de la teneur en protéines de la période préliminaire ne montre aucune différence significative entre les variantes (valeur p = 0,53 avec une erreur standard de 0,03).

**Lait corrigé par rapport à sa teneur en énergie.

traitées ou micronisées, notent que la production effective de lait et les teneurs en protéines et en lactose n'ont pas été influencées. Pourtant, la production laitière corrigée par rapport à sa teneur en énergie et la quantité de matière grasse étaient plus élevées avec les graines de lin micronisées qu'avec les graines non traitées.

Composition de la matière grasse du lait

Lors de la distribution de graines de tournesol, de lin non traité et extrudé, le taux d'acides gras saturés à chaînes courtes et moyennes (acides laurique, myristique et palmitique) a baissé dans le lait, contrairement à celui des acides gras à longues chaînes et/ou insaturés (acides stéarique, oléique, linoléique et linoléique). Liée au profil d'acides gras des graines oléagineuses distribuées, la teneur en acide linoléique n'a augmenté que dans les variantes «graines de lin». Des modifications semblables de la composition de la matière grasse du lait ont été décrites dans un grand nombre d'études (Mustafa *et al.*, 2003; Soita *et al.*, 2003; Stoll *et al.*, 2003; Schingoethe *et al.*, 1996). Par la distribution de graines oléagineuses, le rapport acide oléique/acide palmitique – un des critères de qualité pour la matière grasse du lait utilisé dans la fabrication du fromage – a passé respectivement de 0,49 et 0,54 pendant la période préliminaire à la valeur escomptée d'au moins 0,8 (tabl. 8). Une amélioration similaire de la consistance de la matière grasse du lait peut être obtenue par la distribution de 1 kg de graines de colza par vache et par jour (Stoll *et al.*, 2001, 2002 et 2003). Par ailleurs, l'amélioration nutritionnelle de la composition de la matière grasse du lait (moins d'acides gras à chaînes courtes et moyennes et d'acides saturés; plus d'acides gras à chaînes longues et poly-

Tableau 8. Composition de la matière grasse du lait (% des acides gras totaux).

| | Graines de tournesol | | Graines de lin | | Graines de lin extrudées | |
|---------------------|----------------------|----------------------|-------------------|---------------------|--------------------------|---------------------|
| | sans | avec | sans | avec | sans | avec |
| C 12:0 | 4,7 ^a | 4,0 ^b | 4,4 ^c | 3,9 ^d | 4,6 ^e | 4,1 ^f |
| C 14:0 | 13,4 ^a | 12,4 ^b | 12,8 | 12,3 | 13,1 ^e | 12,3 ^f |
| C 16:0 | 37,4 ^a | 28,1 ^b | 38,3 ^c | 30,6 ^d | 35,8 ^e | 26,8 ^f |
| C 18:0 | 7,5 ^a | 10,7 ^{b,AB} | 6,9 ^c | 9,6 ^{d,B} | 7,7 ^e | 11,7 ^{f,A} |
| C 18:1 | 17,9 ^a | 24,4 ^b | 18,4 ^c | 23,4 ^d | 19,0 ^e | 23,7 ^f |
| C 18:2 | 2,1 ^a | 3,7 ^{b,A} | 2,1 ^c | 2,8 ^{d,B} | 2,3 ^e | 3,1 ^{f,C} |
| C 18:3 | 0,92 | 0,95 ^A | 0,89 ^c | 1,59 ^{d,B} | 1,08 ^e | 2,42 ^{f,C} |
| Rapport C18:1/C16:0 | 0,49 ^a | 0,89 ^b | 0,49 ^c | 0,80 ^d | 0,54 ^e | 0,90 ^f |

A l'intérieur d'une variante, les valeurs sur une ligne portant des lettres minuscules différentes se différencient les unes des autres de façon significative ($P < 0,05$). Pour les variantes avec apport de graines oléagineuses, les valeurs sur une ligne portant des lettres majuscules différentes se différencient de façon significative les unes des autres.

insaturés) (Kris-Etherton *et al.*, 2000) a été obtenue en distribuant des graines de lin non traitées ou extrudées. Le lait de la variante avec graines de lin extrudées présentait des teneurs en acide linoléique et linoléique significativement plus élevées (+11% et +52%). Le passage de l'acide linoléique des graines de lin dans le lait étant faible, l'extrusion des graines de lin peut expliquer ces différences, bien que les vaches consomment plus de matière grasse avec les graines de lin extrudées. En moyenne, les graines de lin non traitées ou extrudées ont fourni aux vaches 257 g et 293 g d'acide linoléique par jour et les graines de tournesol moins de 1 g. Le taux de passage calculé de l'acide linoléique dans le lait s'élève à 3,3% pour les graines de lin non traitées et à 6,8% pour les graines de lin extrudées. Bien que ce taux soit faible, la teneur en acides linoléiques dans le lait a plus que doublé avec les graines de lin extrudées. La recherche d'une protection encore plus efficace contre l'hydrogénation microbienne dans la panse est cependant judicieuse. Dans leurs études, Mustafa *et al.* (2003) et Soita *et al.* (2003) n'ont observé aucune augmentation des teneurs en acides linoléique et linoléique dans le lait avec des graines de

lin traitées thermiquement (micronisation). Chouinard *et al.* (1997) ont même trouvé des teneurs en acides linoléique et linoléique plus basses avec des fèves de soja extrudées qu'avec des fèves micronisées ou torréfiées. Les fèves de soja extrudées avaient été préalablement moulues, facilitant ainsi l'hydrogénation microbienne de la matière grasse dans la panse. Dans les procédés de micronisation et de torréfaction, les fèves de soja avaient été aplaties après coup seulement, ce qui peut expliquer la différence entre les teneurs en acides linoléique et linoléique. Chouinard *et al.* (1997b) n'ont pas été en mesure d'influencer les teneurs en acides linoléique et linoléique dans le lait en appliquant des températures d'extrusion de 120 à 140 °C.

Passage de certains acides gras dans le fromage et le beurre

Dans le fromage frais, des teneurs significativement plus basses en CLA (-6,7%), en Oméga-3 (-3%) et en acides gras insaturés (-2%) que dans le lait de chaudière ont été relevées le jour de la fabrication. Ces valeurs légè-

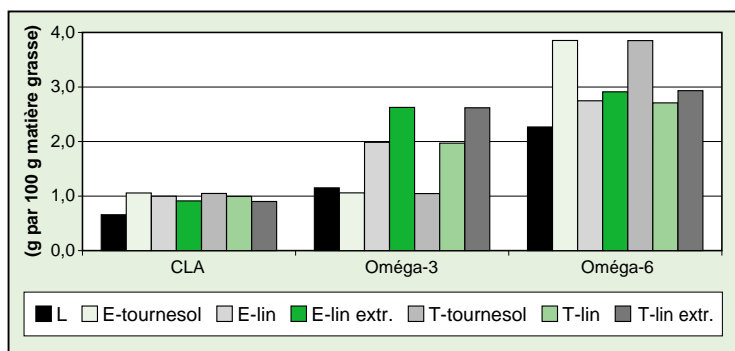


Fig. 1. Taux de CLA, d'acides gras Oméga-3 et Oméga-6 dans le lait de la période préliminaire (L), dans l'emmental (E) et dans le tilsit affinés (T) en fonction des différentes graines oléagineuses.

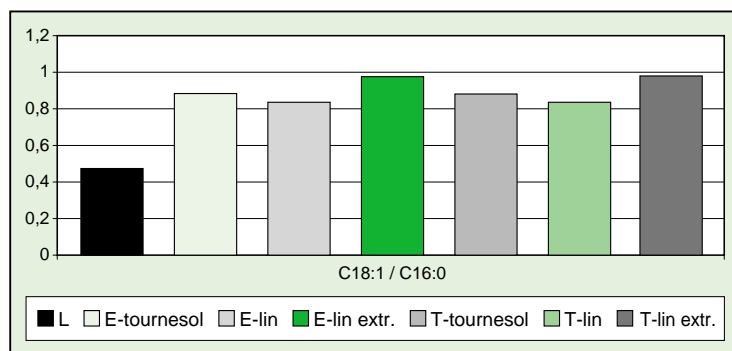


Fig. 2. Rapport acide oléique (C18:1)/acide palmitique (16:0) dans le lait pendant la période préliminaire (L), dans l'emmental (E) et dans le tilsit affinés (T) en fonction des différentes graines oléagineuses.

rement, mais significativement, plus basses peuvent provenir des pertes dues à l'écoulement du petit-lait pendant la fabrication. Après 120 jours pour le tilsit et 150 jours pour l'emmental, seule une valeur significativement plus basse en CLA (-0,9%) a été relevée dans le fromage affiné. Les figures 1 et 2 indiquent les proportions en CLA, en acides gras Oméga-3 et Oméga-6 dans l'emmental et le tilsit affinés issus du lait de la période préliminaire et des rations à base de différentes graines oléagineuses.

Aucune différence significative n'a été observée entre le lait et le beurre dans les teneurs en CLA, en Oméga-3 et Oméga-6 et en acides gras insaturés, aussi bien pour le beurre produit avec de la crème acidulée qu'avec de la crème douce. En d'autres termes, les acides gras intéressants du point de vue nutritionnel passent dans le beurre et le fromage, même si c'est, pour ce dernier, dans une moindre mesure.

Qualité du tilsit et de l'emmental

Pour les deux sortes de fromages, les différences de qualité relevées par le panel de dégustation entre les variantes se situaient dans les propriétés de la pâte (longueur, dureté et note), dans l'azote hydrosoluble et par conséquent dans l'arôme.

Dans le cas du tilsit, la meilleure pâte a été obtenue avec les graines de lin extrudées, suivie des graines de lin non traitées, puis des graines de tournesol (fig. 3). La variante «tournesol» est toutefois légèrement désavantagée par le fait que ses fromages contiennent légèrement moins de graisse (-1,7 point de pour-cent), ce qui est partiellement compensé par le fait qu'ils contiennent légèrement plus d'eau (0,8 point de pour-cent)

Dans le cas de l'emmental, les différences de teneurs étaient faibles et l'influence des variantes sur la qualité du fromage pouvait donc mieux être mise en évidence. L'ordre reste le même: l'emmental de la variante graines de lin extrudées a obtenu les meilleurs résultats (fig. 4). Les figures 5 et 6 montrent la surface de coupe des tilsit à 120 jours et l'emmental à 150 jours lors de la dégustation.

Fig. 6. Emmentals d'essai (1, 8, 15, graines de tournesol; 2, 9, 16, graines de lin non traitées et 3, 10, 17, graines de lin extrudées). ▷

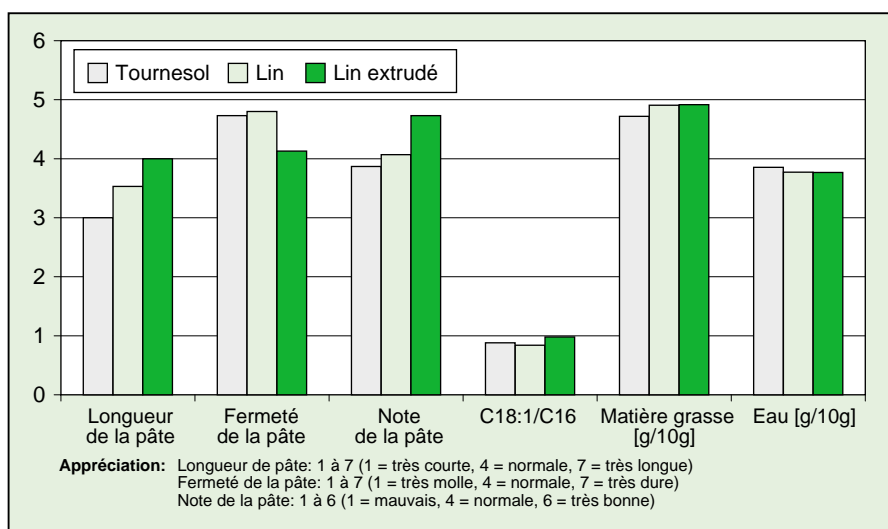


Fig. 3. Appréciation de la pâte et composition des tilsits d'essai.

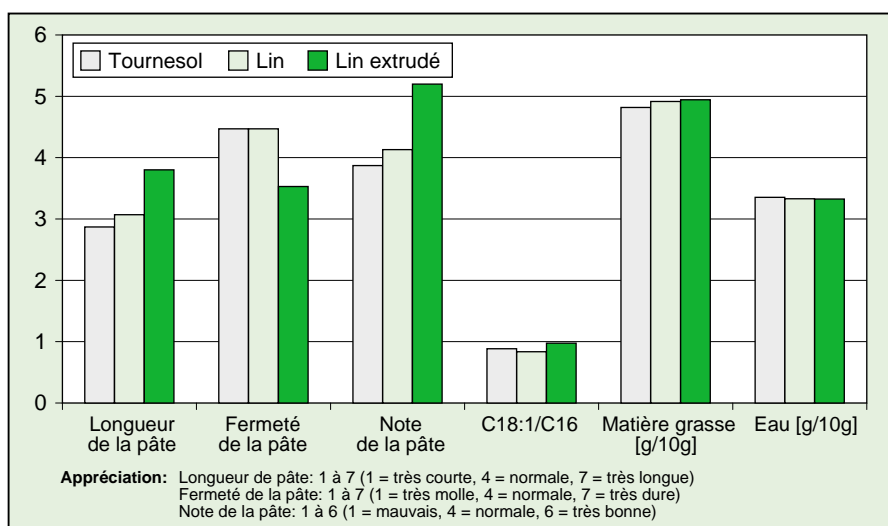


Fig. 4. Appréciation de la pâte et composition des emmentals d'essai.

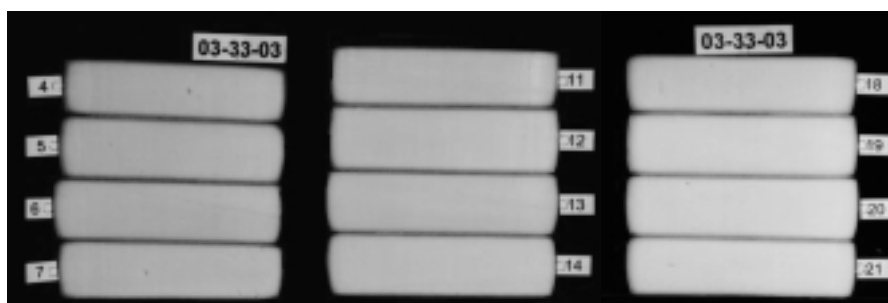
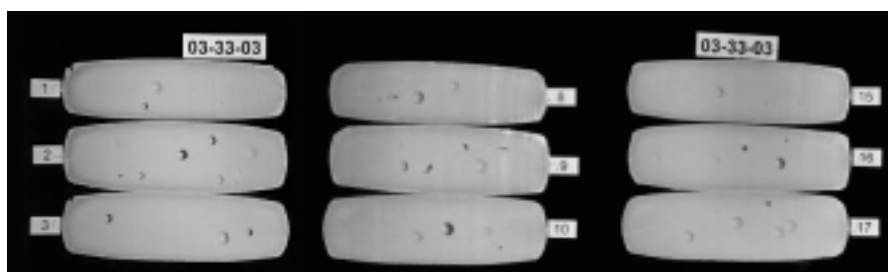


Fig. 5. Tilsits d'essai (4, 11, 18, graines de tournesol; 5, 12, 19, graines de lin non traitées; 6, 13, 20, graines de lin extrudées et 7, 14, 21 avec le lait de la fromagerie expérimentale d'Uettligen).



Conclusions

- ❑ La consommation de foin et la consommation totale n'ont pas différé entre les variantes.
- ❑ De même, aucune différence significative n'a été relevée entre les variantes dans la production laitière moyenne et les teneurs du lait.
- ❑ Avec l'ajout de graines de tournesol et de graines de lin non traitées et extrudées, la composition de la matière grasse du lait s'est améliorée sur le plan technologique, avec un rapport acide oléique-acide palmitique supérieur à 0,8, et sur le plan nutritionnel, avec une diminution des acides gras à chaînes courtes ou moyennes et saturés et une augmentation des acides gras à longues chaînes et poly-insaturés (acides linoléique et linoléique).
- ❑ Avec les graines de lin extrudées, les teneurs en acide linoléique et linoléique ont augmenté dans le lait de 11 et 52% par rapport aux graines de lin non traitées.
- ❑ Bien que le taux de passage soit faible (6,8%), la teneur en acides linoléiques dans le lait a pu être plus que doublée avec les graines de lin extrudées. Une protection plus efficace contre l'hydrogénation microbienne dans la panse devrait cependant être recherchée.
- ❑ Dans le fromage frais, les taux en CLA, en acides gras Oméga-3 et Oméga-6 et en acides gras insaturés étaient légèrement plus bas que dans le lait. Le processus de maturation influence peu le taux de ces acides, de même que la transformation du lait en beurre. Ceci signifie que ces composants du lait se retrouvent à peu de choses près dans le beurre et le fromage.
- ❑ C'est le lait de la variante «graines de lin extrudées» qui a fourni les fromages avec les meilleures propriétés de pâte.

Bibliographie

- Baumann D. E. & Griinari J. M., 2001. Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low fat milk syndrome. *Livestock Production Science* **70**, 15-29.
- Collomb M., Sollberger H., Bütikofer U., Sieber R., Stoll W. & Schaeren W., 2004. Impact of a basal diet of hay and fodder beet supplemented with rapeseed, linseed and sunflower seed on the fatty acid composition of milk fat. *International Dairy Journal* **14**, 549-559.

Summary

Linseed and sunflower seed in dairy cow feeding

Three groups of 11 dairy cows each received the same ration composed of hay *ad libitum*, 15 kg fodder beet and concentrate. During experimental period, 500 g fat contained in either sunflower seed, untreated and extruded linseed were distributed. Forage and total intake were not influenced by the different oilseeds. No significant differences either were detected by the milk yield and -contents. With the distribution of sunflower seed, untreated and extruded linseed, milk fat composition was improved in technological (C18:1 vs. C16:0 > 0.8) and nutritional terms: decline of short- respectively mid-chain and saturated fatty acids; increase of long chain and polyunsaturated fatty acids e.g. linoleic and linolenic acids. Extruded linseed showed higher contents than untreated linseed in linoleic and linolenic acids (+11% and +52%). Even if the calculated passage rate from feed in the milk was only 6.8%, the content of linolenic acid more than doubled in the milk with extruded linseed. The search for a still better protection against microbial hydrogenation in the rumen could make sense. In the fresh cheese compared to the milk the proportion of valuable fatty acids as CLA, Omega-3 and -6 as well as unsaturated fatty acids was slightly lower. Cheese maturation like butter processing hardly affected the fatty acid profile. Milk from extruded linseeds generated the best dough of the model-cheeses (Tilsiter and Emmentaler).

Key words: linseed, sunflower seed, dairy cows, feeding, fatty acids, extrusion, cheese quality, butter quality

Zusammenfassung

Leinsamen und Sonnenblumenkerne in der Milchviehfütterung

Drei Gruppen mit je 11 Milchkühen erhielten dieselbe Ration, bestehend aus Dürrfutter *ad libitum*, 15 kg Futterrüben und Kraftfutter. Während der Versuchsphase wurden zusätzlich 500 g Fett als Sonnenblumenkernen, Leinsamen unbehandelt oder extrudiert verabreicht.

Die Dürrfutter- und Gesamtfuttermittelaufnahmen wiesen je nach Variante keine Unterschiede auf. Keine signifikanten Unterschiede wurden auch bei den durchschnittlichen Milchleistungen und -gehalten festgestellt. Mit der Zufütterung von Sonnenblumenkernen, Leinsamen unbehandelt und extrudiert verbesserte sich die Milchfettzusammensetzung in technologischer (C18:1 zu C16:0 > 0.8) und in ernährungsphysiologischer Hinsicht: Abnahme an kurz- bzw. mittellangkettigen und gesättigten Fettsäuren; Zunahme an langkettigen und mehrfach ungesättigten Fettsäuren wie Linol- und Linolensäure. Mit extrudierten Leinsamen wurden im Vergleich zu unbehandelten Leinsamen höhere Gehalte an Linol- und Linolensäure (+11% bzw. +52%) in der Milch beobachtet. Obwohl der Gehalt an Linolensäure mit der Zufütterung von extrudierten Leinsamen in der Milch mehr als verdoppelt wurde, lag die berechnete Übertrittsrate der Linolensäure vom Futter in die Milch bei nur 6,8%. Die Suche nach einem noch effizienteren Schutz vor der mikrobiellen Hydrierung im Pansen könnte sinnvoll sein. Im frischen Käse sind im Vergleich zur Milch die Anteile an interessanten Fettsäuren CLA, Omega-3 und -6 sowie die ungesättigten Fettsäuren leicht tiefer. Die Käsereifung sowie die Verarbeitung zu Butter beeinflussen den Anteil dieser Fettsäuren kaum. Aus der Milch der Variante mit extrudierten Leinsamen gingen die Modellkäse (Tilsiter und Emmentaler) mit den besten Teigeigenschaften hervor.

Chouinard P. Y., Girard V. & Brisson G. J., 1997a. Performance and profiles of milk fatty acids of cows fed full fat, heat treated soybeans using various processing methods. *Journal of Dairy Science* **80** (2), 334-342.

Chouinard P. Y., Lévesque J., Girard V. & Brisson G. J., 1997b. Dietary soybeans extruded at different temperatures: Milk composition and *in situ* fatty acid reactions. *Journal of Dairy Science* **80** (11), 2913-2924.

Kris-Etherton P. M., Zhao G. & Etherton T. D., 2000. Individual fatty acids and esterification effects on blood lipids. *Bulletin of the International Dairy Federation* **353**, 26-30.

Mustafa A. F., Chouinard P. Y. & Christensen D. A., 2003. Effects of feeding micronised flaxseed on yield and composition of milk from Holstein cows. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **83** (9), 920-926.

Schingoethe D. J., Brouk M. J., Lightfield K. D. & Baer R. J., 1996. Lactational responses of

dairy cows fed unsaturated fat from extruded soybeans or sunflower seeds. *Journal of Dairy Science* **79** (7), 1244-1249.

Soita H. W., Meier J. A., Fehr M., Yu P., Christensen D. A., Mckinon J. J. & Mustafa A. F., 2003. Effects of flaxseed supplementation on milk production, milk fatty acid composition and nutrient utilization by lactating dairy cows. *Archives of Animal Nutrition* **57** (2), 107-116.

Stoll W., Sollberger H., Collomb M. & Schaeren W., 2003. Graines de colza, de lin et de tournesol dans l'alimentation de la vache laitière. *Revue suisse Agric.* **35** (5), 213-218.

Stoll W., Sollberger H. & Schaeren W., 2001. Raps- und Leinsamen in der Milchviehfütterung. *Agrarforschung* **9** (11-12), 518-520.

Stoll W., Sollberger H. & Schaeren W., 2001. Graines de colza dans l'alimentation de la vache laitière. *Revue suisse Agric.* **33** (5), 207-212.