

Qualité de l'ensilage: pulpes de betteraves avec ajout de mélasse

Ueli Wyss¹, Catherine Metthez² et Yves Arrigo¹

¹Agroscope, Institut des sciences en production animale IPA, 1725 Posieux, Suisse

²Sucre Suisse SA, 3270 Aarberg, Suisse

Renseignements: Ueli Wyss, e-mail: ueli.wyss@agroscope.admin.ch



Figure 1 | Des balles rondes ont été fabriquées à partir de pulpes de betteraves avec et sans ajout de mélasse.
(Photo: Ueli Wyss, Agroscope)

Introduction

En général, les sucreries ajoutent 4 % de mélasse aux pulpes de betteraves. Cet apport favorise l'augmentation des teneurs en matière sèche (MS) et en sucre. Selon des études de Jänicke (2008) et de Weber (2006), lors desquelles ils ont ajouté aux pulpes de betteraves entre 0 et 30 % de mélasse, celle-ci a influencé positivement les nutriments, la qualité fermentaire et la stabilité aérobie. Toutefois, les essais réalisés jusqu'à pré-

sent ne montrent pas clairement si l'ajout de mélasse peut augmenter la teneur en énergie des ensilages.

Dans un essai réalisé en 2013–2014, l'influence de la quantité de mélasse ajoutée aux pulpes de betteraves sur la qualité et la stabilité aérobie des ensilages a été analysée au moment du désilage. Les résultats sur la valeur nutritive déterminée à partir de ces ensilages sont présentés dans la publication d'Arrigo *et al.* (2015).

Tableau 1 | Variantes d'essai

Variante	Description
0% de mélasse	pulpes seules
7% de mélasse	pulpes + 7% de mélasse (dans la matière fraîche)
14% de mélasse	pulpes + 13,7% de mélasse (dans la matière fraîche)

Matériel et méthodes

En novembre 2013, l'entreprise Remund et Berger (Rizenbach, Suisse) a produit des grosses balles d'ensilages avec différentes proportions de mélasse (tabl. 1; fig. 2). Ces proportions étaient volontairement supérieures à 4%, afin de contrôler si des quantités de mélasse supplémentaires entraînaient également une augmentation de la teneur en énergie des ensilages.

Au total, 15 balles par variante ont été fabriquées. Deux échantillons ont été prélevés par variante au moment de la production des balles et analysés en laboratoire pour en déterminer la matière sèche (MS), les nutriments ainsi que le pouvoir tampon et le nitrate. Les coefficients de fermentation ont été calculés au moyen de la teneur en MS, de la teneur en sucre et du pouvoir tampon selon la formule de Weissbach (1998). Cinq balles par variante ont été transportées à Agroscope, à Posieux. En mars 2014, après une durée de stockage moyenne de 120 jours, des échantillons ont été prélevés dans trois balles par variante pour en déterminer les nutriments, la qualité fermentaire, la qualité microbiologique (bactéries aérobies mésophiles, moisissures et

Résumé

Lors du processus de traitement des betteraves de 2014, 4% de mélasse ont été ajoutés aux pulpes de betteraves dans les deux sucreries d'Aarberg et de Frauenfeld à la sortie de l'extracteur. L'essai décrit dans cet article avait pour objectif d'étudier l'influence de l'ajout de quantités de mélasse plus importantes sur la qualité et la stabilité aérobie des ensilages. A cet effet, 0%, 7% et 14% de mélasse ont été mélangés aux pulpes de betteraves, qui ont été ensilées en balles rondes. Des échantillons ont été prélevés au moment de la mise en conserve puis après une durée de stockage de 120 et 377 jours pour en analyser les teneurs en matière sèche et les nutriments. Les paramètres de fermentation, la qualité microbiologique et la stabilité aérobie des ensilages ont également été analysés.

On a observé qu'avec l'augmentation du taux de mélasse, le matériel initial présentait des teneurs élevées en MS et en particulier en sucre. Au cours du processus de fermentation, une grande partie du sucre a été dégradée. Les ensilages avec une durée de stockage de quatre mois présentaient une bonne qualité de fermentation et une bonne qualité microbiologique. Dans les balles qui ont été stockées plus d'une année, la teneur en acide acétique était plus élevée, ce qui a amélioré la stabilité aérobie des ensilages, en particulier dans les variantes avec 7% et 14% de mélasse.



Figure 2 | La mélasse a été ajoutée aux pulpes de betteraves fraîchement pressées. (Photo: Ueli Wyss, Agroscope)



Figure 3 | Un échantillon a été constitué à partir d'échantillons prélevés à trois endroits différents dans les balles. (Photo: Ueli Wyss, Agroscope)

levures) et la stabilité aérobie (fig. 3). Après une durée de stockage de 377 jours, des échantillons ont été prélevés dans une balle supplémentaire par variante.

La stabilité aérobie a été relevée par des mesures de la température toutes les 30 minutes pendant 10 et 20 jours, au cours d'une durée d'entreposage de respectivement 4 et 12 mois. Les ensilages ont été qualifiés de stables du point de vue aérobie aussi longtemps que la température ne dépassait pas la température ambiante de plus de 1 °C.

L'exploitation statistique des résultats a été effectuée avec une analyse de variance et le test Bonferroni (programme SYSTAT 13).

Résultats et discussion

Matériel initial

Dans le tableau 2 figurent les poids et dimensions des balles, présentés séparément en fonction des trois variantes. Les balles des trois variantes étaient pratique-

Tableau 2 | Poids et dimensions des balles (n = 5)

		0 % Mélasse	7 % Mélasse	14 % Mélasse	SE	Valeur p
Hauteur	cm	119 ^a	118 ^{ab}	117 ^b	0,4	0,026
Diamètre	cm	125	126	125	0,7	0,438
Volume	m ³	1,4	1,5	1,4	0,02	0,616
Poids	kg	1088 ^a	1163 ^b	1196 ^b	12,8	< 0,001
Teneur en MS	kg	352 ^a	405 ^b	448 ^c	4,4	< 0,001
Densité	kg MF/m ³	752 ^a	794 ^b	827 ^c	6,0	< 0,001
Densité	kg MS/m ³	244 ^a	277 ^b	310 ^c	2,0	< 0,001

SE: erreur standard; MF: matière fraîche; MS: matière sèche.

Les valeurs d'une même ligne portant un indice distinct sont statistiquement différentes.

Tableau 3 | Nutriments dans le matériel initial (n = 2)

		0 % Mélasse	7 % Mélasse	14 % Mélasse	SE	Valeur p
Matière sèche	%	32,4 ^a	34,8 ^b	37,4 ^c	0,17	< 0,001
Cendres brutes	g/kg MS	83 ^a	93 ^b	96 ^b	1,0	0,006
Matière azotée	g/kg MS	81 ^a	89 ^b	95 ^c	0,9	0,004
Cellulose brute	g/kg MS	201 ^a	174 ^b	154 ^c	1,9	< 0,001
ADF	g/kg MS	239 ^a	204 ^b	180 ^c	2,1	< 0,001
NDF	g/kg MS	484 ^a	382 ^b	329 ^c	5,1	< 0,001
Graisse brute	g/kg MS	12	11	13	0,8	0,385
Sucre hydrosoluble	g/kg MS	18 ^a	107 ^b	171 ^c	7,7	0,002
Nitrate	g/kg MS	0,0 ^a	0,4 ^b	0,7 ^c	0,02	< 0,001
Pouvoir tampon	g/kg MS	17 ^a	38 ^b	51 ^c	0,8	< 0,001
Coefficient de fermentation		40 ^a	58 ^b	64 ^b	1,7	0,005

SE: erreur standard; ADF: lignocellulose; NDF: parois.

Les valeurs d'une même ligne portant un indice distinct sont statistiquement différentes.

ment toutes de la même dimension. Par contre, plus la proportion de mélasse était élevée, plus les balles étaient lourdes et compressées.

L'ajout de mélasse a entraîné une augmentation significative de la teneur en MS de même que des teneurs en cendres, en matière azotée et en sucre (tabl. 3). Par contre, les teneurs en fibres (cellulose brute, ADF et NDF) se sont abaissées elles aussi de façon significative. Même constat pour la teneur en nitrate et le pouvoir tampon qui ont augmenté de façon significative. La teneur en nitrate était dans l'ensemble très basse et, selon Kaiser *et al.* (1999), le fourrage avec moins de 1 g de nitrate par kg de MS est considéré comme exempt de nitrate. En raison des teneurs plus

élevées en MS et en sucre et avec un pouvoir tampon plus important, le coefficient de fermentation a lui aussi augmenté de façon significative. Autrement dit, plus la proportion de mélasse était élevée, plus les ensilages étaient faciles à ensiler. Les fourrages avec des coefficients de fermentation supérieurs à 45 se prêtent très bien à l'ensilage.

Nutriments des ensilages

A l'instar du matériel initial, on constate aussi des différences significatives dans les ensilages (tabl. 4). La différence la plus considérable a été relevée avec la teneur en sucre. Dans les deux variantes avec un ajout de mélasse, les $\frac{3}{4}$ du sucre ont été dégradés. ➤

Tableau 4 | Teneurs en nutriments des ensilages – prélèvement à l'ouverture des balles après 120 jours (n = 3)

		0 % Mélasse	7 % Mélasse	14 % Mélasse	SE	Valeur p
Matière sèche	%	32,7 ^a	35,3 ^b	37,9 ^c	0,12	< 0,001
Cendres brutes	g/kg MS	78 ^a	91 ^{ab}	98 ^b	4,1	0,041
Matière azotée	g/kg MS	82 ^a	91 ^b	99 ^c	1,0	< 0,001
Cellulose brute	g/kg MS	201 ^a	178 ^b	156 ^c	1,1	< 0,001
ADF	g/kg MS	247 ^a	222 ^b	197 ^c	3,7	< 0,001
NDF	g/kg MS	482 ^a	412 ^b	370 ^b	10,1	< 0,001
Graisse brute	g/kg MS	14	16	13	0,8	0,181
Sucre hydrosoluble	g/kg MS	13 ^a	28 ^b	49 ^c	3,1	< 0,001

SE: erreur standard; ADF: lignocellulose; NDF: parois.

Les valeurs d'une même ligne portant un indice distinct sont statistiquement différentes.

Tableau 5 | Paramètres de fermentation des ensilages – prélèvement à l'ouverture des balles après 120 jours (n = 3)

		0 % Mélasse	7 % Mélasse	14 % Mélasse	SE	Valeur p
pH		4,3	4,4	4,4	0,02	0,22
Acide acétique	g/kg MS	5 ^a	14 ^b	18 ^c	0,2	< 0,001
Acide propionique	g/kg MS	0	0	0		
Acide lactique	g/kg MS	22 ^a	37 ^b	51 ^c	0,4	< 0,001
Acide butyrique	g/kg MS	0,1 ^a	0,4 ^b	0,8 ^c	0,01	< 0,001
Ethanol	g/kg MS	8 ^a	21 ^b	26 ^c	0,9	< 0,001
N-NH ₃ /N tot	%	1,6	1,6	1,8	0,33	0,96
Points DLG		100	100	100		

SE: erreur standard; N-NH₃/N tot: proportion d'azote ammoniacal par rapport à l'azote total.
Les valeurs d'une même ligne portant un indice distinct sont statistiquement différentes.

Paramètres de fermentation des ensilages

Plus la proportion de mélasse était élevée, plus la fermentation lactique était intense (tabl. 5). En plus de l'acide lactique, les autres acides ont aussi augmenté, de même que la teneur en éthanol. Par contre, la valeur pH ne s'est pas particulièrement abaissée et les différences entre les trois variantes n'étaient pas significativement différentes. Les résultats de Jänicke (2008) démontrent que même avec une proportion de mélasse élevée, la valeur pH peut tout de même augmenter en dépit d'une teneur en acide lactique plus élevée. Autrement dit, ce résultat indique que les bactéries lactiques consomment davantage de sucre lorsque celui-ci est disponible en abondance.

La proportion d'azote ammoniacal par rapport à l'azote total était dans l'ensemble très basse. Les ensilages avec des valeurs inférieures à 10 % présentent une très bonne qualité.

Évalués selon l'échelle DLG, tous les ensilages ont enregistré la note maximale de 100 points, ce qui correspond à une très bonne qualité d'ensilage.

Qualité microbiologique et postfermentations

Les pulpes de betteraves des trois variantes présentaient une très bonne qualité microbiologique (tabl. 6). Aucune différence significative n'a été relevée entre les trois variantes au niveau des bactéries mésophiles aérobies et des moisissures. Dans la variante avec 7 % de mélasse, la charge en levures était significativement plus faible comparée aux deux autres variantes. Selon les valeurs indicatives VDLUFA pour les ensilages de maïs (il n'y a pas de valeurs correspondantes pour les pulpes de betteraves), toutes les valeurs étaient dans la normalité.

Dans deux échantillons sur trois par variante, les teneurs en microorganismes ont été à nouveau déterminées après le test de détermination de la stabilité aéro-

Tableau 6 | Teneurs en microorganismes et stabilité aérobie des ensilages – prélèvement à l'ouverture des balles après 120 jours (n = 3)

		Valeur cible ¹	0 % Mélasse	7 % Mélasse	14 % Mélasse	SE	Valeur p
Bactéries aérobies mésophiles ²	log ufc/g	< 5,3	5,2	5,0	4,6	0,26	0,26
Moisissures ³	log ufc/g	< 3,7	3,1	2,2	2,2	0,44	0,31
Levures	log ufc/g	< 6,0	4,9 ^a	3,4 ^b	5,2 ^a	0,22	0,002
Stabilité aérobie	heures		66	78	110	16,1	0,21
Diff. temp. max. ⁴	°C		6,3	6,3	6,2	0,81	0,99

SE: erreur standard; ufc: unité formant colonies

¹Valeurs indicatives selon VDLUFA pour les groupes de microorganismes indicateurs d'une altération (ensilages de maïs).

²Bactéries aérobies mésophiles: en premier lieu les espèces indicatrices d'une altération.

³Moisissures: en premier lieu les espèces indicatrices d'une altération.

⁴Diff. temp. max.: différence de température maximale par rapport au local (20 °C).

Les valeurs d'une même ligne portant un indice distinct sont statistiquement différentes.

Tableau 7 | Teneurs en nutriments des ensilages – prélèvement à l'ouverture des balles après 377 jours (n = 1)

		0 % Mélasse	7 % Mélasse	14 % Mélasse
Matière sèche	%	32,5	35,1	37,8
Cendres brutes	g/kg MS	86	92	95
Matière azotée	g/kg MS	84	98	105
Cellulose brute	g/kg MS	220	187	160
Sucre hydrosoluble	g/kg MS	16	18	29
pH		4,5	4,2	4,2
Acide acétique	g/kg MS	23	31	28
Acide propionique	g/kg MS	5	6	1
Acide lactique	g/kg MS	5	44	60
Acide butyrique	g/kg MS	0	1	1
Ethanol	g/kg MS	9	24	30
Points DLG		100	86	100
Bactéries aérobies mésophiles	log ufc/g	5,5	5,2	4,7
Moisissures	log ufc/g	3,3	3,7	2,6
Levures	log ufc/g	4,2	4,7	2,0
Stabilité aérobie ¹	heures	174	480	480
Diff. temp. max ²	°C	5,4	0,4	0,5

¹Test pour déterminer la stabilité aérobie interrompu après 480 heures.

²Diff. temp. max.: différence de température maximale par rapport au local (20 °C).

ufc: unité format colonies.

bie. Dans la variante avec 14% de mélasse, les bactéries mésophiles aérobies se sont multipliées moins fortement et, surtout, les moisissures ne se sont pratiquement pas multipliées. On sait que le sucre possède une forte capacité à lier les molécules d'eau, ce qui produit une forte pression osmotique entraînant la destruction des bactéries et des moisissures.

En ce qui concerne la stabilité aérobie, une tendance s'est dégagée, sans pour autant être significative: plus le taux de mélasse était important, plus la stabilité aérobie des ensilages était élevée (tabl. 6). L'essai de Jänicke (2008) avait démontré le même effet.

Influence d'une durée de stockage prolongée

Une durée de stockage plus longue a eu pour effet une dégradation encore plus importante du sucre, en particulier dans les deux variantes avec ajout de mélasse. On notera que les teneurs en acide acétique et en acide propionique étaient aussi plus élevées (tabl. 7). Elles ont eu pour effet une forte augmentation de la stabilité aérobie des ensilages, donc une forte amélioration de celle-ci. Dans les études de Jänicke (2008) et de Wyss (2001), les

teneurs en acide acétique et en acide propionique ont aussi augmenté en fonction de la durée d'entreposage. Un fourrage avec une teneur élevée en acide acétique n'est pas très apprécié du bétail. Il faut donc éviter dans la mesure du possible une trop longue durée de stockage des pulpes de betteraves. La durée de stockage prolongée n'a que peu influencé les valeurs des trois groupes de microorganismes analysés (bactéries aérobies mésophiles, moisissures et levures).

Stratégie de Sucre Suisse SA

Compte tenu des résultats obtenus dans la présente étude, Sucre Suisse SA va poursuivre le projet et examiner la possibilité d'introduire des taux de mélasse plus élevés dans son assortiment standard. L'ajout de quantités de mélasse plus élevées augmente le taux de matière sèche, ce qui représente un avantage pour le transport des balles rondes, dont les coûts par rapport à la valeur nutritive des pulpes sont plus bas. Les clients finaux ne se trouvant pas toujours à proximité immédiate des fabriques, les coûts de logistique représentent pour eux une part importante du prix des balles rondes. ➤

Pour introduire dans l'assortiment standard de Sucre Suisse SA des taux de mélasse plus élevés dans les pulpes de betteraves, des adaptations techniques sont nécessaires. Sur la base des connaissances actuelles, il n'est pas possible de dire aujourd'hui quand Sucre Suisse SA sera en mesure de proposer sur le marché des balles rondes avec un pourcentage plus élevé de mélasse. Pour l'année 2015, le taux reste inchangé. Sucre Suisse SA produira tout de même quelques balles rondes avec un pourcentage de mélasse plus élevé et réalisera des essais dans des exploitations sélectionnées, de sorte à intégrer dans le projet un feed-back provenant de la pratique et des clients.

Conclusions

- L'ajout de mélasse entraîne une augmentation de la teneur en MS et en particulier de la teneur en sucre dans le matériel initial.
- Pendant la fermentation, une grande partie du sucre a été dégradée. C'est la variante avec 14 % de mélasse qui a enregistré la fermentation lactique la plus intense, sans pour autant que le pH ne s'abaisse plus fortement que dans les autres variantes.
- Les ensilages avec une durée de stockage de quatre mois présentaient une très bonne qualité fermentaire. Tous les ensilages ont atteint le nombre de points DLG maximal de 100.
- Lors du désilage, la contamination par des bactéries aérobies mésophiles et des moisissures était plus faible dans les ensilages de toutes les variantes avec une durée de stockage de quatre mois. En d'autres termes, plus la proportion de mélasse était élevée, plus la contamination par des microorganismes avait tendance à être faible. Durant le test de post-fermentation, les moisissures ne se sont pratiquement pas multipliées dans la variante avec 14 % de mélasse.
- Une proportion élevée de mélasse diminue l'échauffement des ensilages, toutefois ces différences ne sont pas significatives.
- Une durée de stockage prolongée entraîne dans les balles d'ensilage une augmentation des teneurs en acide acétique. La stabilité aérobie en est améliorée. ■

Riassunto

Influsso sulla qualità dell'aggiunta di melassa alla polpa di barbabietole da zucchero

Durante la campagna delle barbabietole del 2014, nelle due fabbriche di zucchero di Aarberg e Frauenfeld è stato aggiunto circa il 4 % di melassa alla polpa delle barbabietole da zucchero. Nel presente studio è stato analizzato l'influsso dell'aumento di aggiunta di melassa sulla qualità degli insilati e sulla stabilità aerobica. Alla polpa di barbabietole da zucchero è stato aggiunto lo 0 %, il 7 % o il 14 % di melassa e il prodotto è stato insilato sotto forma di alimento per animali in balle rotonde. Dall'insilaggio e dopo una durata di stoccaggio di 120 e 377 giorni, sono stati prelevati dei campioni in cui sono state analizzate le sostanze. Negli insilati sono inoltre stati valutati i parametri di fermentazione, la qualità microbiologica e la stabilità aerobica.

Con l'aumento della percentuale di melassa, nella materia prima sono stati individuati tenori più elevati di materia secca e in particolare di zuccheri. Tuttavia, tramite il processo di fermentazione una grande parte dello zucchero è stato di nuovo metabolizzato. Gli insilati con una durata di stoccaggio di 4 mesi hanno attestato una buona qualità di fermentazione e una buona qualità microbiologica. Nelle balle rotonde che sono state stoccate per un anno, aumentano i tenori di acido acetico. Pertanto, la stabilità aerobica degli insilati è migliorata in particolare nelle varietà con il 7 e il 14 % di melassa.

Bibliographie

- Arrigo Y., Metthez C & Wyss U., 2015. En préparation.
- Jänicke H., 2008. Konservierung von Pressschnitzeln – Beeinflussung der Silagequalität. Abschlussbericht Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei, Mecklenburg-Vorpommern, Institut für Tierproduktion, 30 S.
- Kaiser E., Weiss K. & Milimonka A., 1999. Untersuchungen zur Gärqualität von Silagen aus nitratarmem Grünfütter. *Arch. Anim. Nutr.* **52**, 75–93.
- VDLUFA, 2012. Keimgehalte an Bakterien, Hefen, Schimmel- und Schwärzepilzen. Methodenbuch III, Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, 8. Ergänzungslieferung 2012.

Summary

Silage quality: pressed sugar-beet pulp with added molasses

During the sugar production in 2014, around 4 % molasses was added to the pressed sugar-beet pulp in both the Aarberg and Frauenfeld sugar refineries. In the present survey, we investigated the influence of higher additions of molasses on silage quality and aerobic stability. Zero, 7 or 14 % molasses was added to the pressed sugar-beet pulp and the feed was ensiled in round bales. Samples were taken at the time of ensiling as well as after a storage period of 120 and 377 days. In the fresh material and the silages the dry matter and nutrient content were analyzed. Furthermore, the fermentation parameters, the microbiological quality and the aerobic stability of the silages were investigated.

The higher the percentage of molasses, the higher the DM content, and in particular the sugar content, of the basic raw material. For its part, the fermentation process broke down a large proportion of the sugar. Silages that had been stored for four months were characterized by good fermentation quality and microbiological quality. Acetic acid content rose in bales stored for over a year. This brought about an improvement in the aerobic stability of the silages, especially in the two variants with 7 and 14 % molasses respectively.

Key words: sugar-beet pulp silage, molasses, silage quality, aerobic stability.

- Weber U., 2006. Untersuchungen zur Silierung von Zuckerrübenpressschnitzeln in Folienschläuchen. Berlin Humboldt-Universität, Dissertation, 153 p.
- Weissbach F., 1998. Untersuchungen über die Beeinflussung des Gärungsverlaufes bei der Bereitung von Silage durch Wiesenkräuter verschiedener Spezies im Aufwuchs extensiv genutzter Wiesen. *Landbau-forschung Völknerode* **185**, 1–103.
- Wyss U., 2001. Pressschnitzel: Qualität der Ballensilagen. *Agrarforschung* **8** (4), 163–167.