

Pulpes de betteraves riches en matière sèche et qualité d'ensilage

Ueli Wyss¹ et Catherine Metthez²

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

²Sucreries d'Aarberg et de Frauenfeld SA, 3270 Aarberg, Suisse

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



Figure 1 | Dans le silo-couloir, les pulpes ont pu être facilement compactées. (Photo: Ueli Wyss, Agroscope)

Introduction

Il y a quelques années, la teneur en matière sèche (MS) des pulpes de betteraves s'élevait à peine à 20 %. Elle a été augmentée en 2009 et, aujourd'hui, les pulpes de betteraves sont produites avec une teneur en MS de 25 %. Un pressage plus intensif réduit la teneur en sucres des pulpes de betteraves, avec pour conséquence une fermentation lactique moins intensive et une baisse plus faible du pH. Comme l'a démontré Wyss lors de ses essais (2003), la stabilité aérobie des ensilages n'est pas influencée par une teneur en MS plus élevée. De même,

selon Weber (2006), une teneur en MS des pulpes de betteraves de près de 30 % n'entraîne ni une altération de la qualité fermentaire, ni une augmentation du nombre de levures, ni même une diminution de la stabilité aérobie. Pour réduire les quantités à transporter, les sucreries désirent à l'avenir presser encore davantage les pulpes de betteraves. Elles visent des teneurs en MS de plus de 30 %.

L'influence de teneurs en MS plus élevées sur la qualité et la stabilité aérobie des ensilages a été étudiée avec différents procédés d'ensilage (silo-couloir, silo-boudin et grosses balles).

Matériel et méthodes

Procédés d'ensilage

93 t de pulpes de betteraves avec une teneur en MS de 35 % ont été ensilées dans un silo-couloir. L'épaisseur de la couche de pulpes s'élevait entre 40 et 65 cm, sous celle-ci se trouvaient du maïs et de l'herbe.

49 t de pulpes de betteraves avec une teneur en MS de 34 % ont été ensilées dans la partie postérieure d'un silo boudin (diamètre: 195 cm) et 48 t avec une teneur en MS de 24 % ont été ensilées dans la partie antérieure du silo.

Huit grosses balles avec deux teneurs en MS différentes ont été produites par la sucrerie de Frauenfeld (fig. 2). Les balles standard présentaient une teneur en MS de 25 % et un poids moyen de 1200 kg; les balles contenant les pulpes pressées plus fortement avaient une teneur en MS de 31 % et un poids moyen de 1180 kg.

Relevés

Afin de déterminer les teneurs en MS et en nutriments, des échantillons ont été prélevés à la mise en conserve et à différentes dates lors du désilage. Dans le silo-couloir et le silo-boudin, six échantillons ont été prélevés avec une sonde lors de chaque prélèvement afin de déterminer la densité (fig. 3). Pour chaque type de silo, les échantillons 1 à 3 prélevés dans la partie supérieure ont été mélangés pour constituer un unique échantillon à

Résumé

Actuellement, les pulpes de betteraves sont livrées avec une teneur en matière sèche (MS) de 25 %. A l'avenir, les sucreries désirent augmenter le taux de matière sèche des pulpes de betteraves afin de réduire les quantités à transporter.

Dans les essais présentés ici, l'influence de teneurs en MS plus élevées sur la qualité et la stabilité aérobie des ensilages produits avec différents procédés d'ensilages a été étudiée. Des pulpes de betteraves avec des teneurs en MS de 25 et 34 % ont été ensilées en grosses balles, en silo-boudin et en silo-couloir. Pendant le désilage, plusieurs échantillons ont été récoltés.

Les teneurs en nutriments des pulpes de betteraves standard et des pulpes avec la teneur en MS plus élevée étaient quasiment identiques, tant dans le matériel initial que dans les ensilages. De petites différences ont été observées dans le matériel initial entre les deux sucreries.

Les pulpes pressées plus fortement présentaient une densité en MS plus élevée et une meilleure stabilité aérobie, comparées aux pulpes standard. Tous les ensilages présentaient une bonne qualité fermentaire de même qu'une bonne qualité microbiologique.



Figure 2 | Des grosses balles avec deux teneurs en matière sèche différentes ont été produites par la sucrerie de Frauenfeld. (Photo: Ueli Wyss, Agroscope)



Figure 3 | Dans le silo-boudin, six échantillons ont été prélevés avec une sonde lors de chaque prélèvement afin de déterminer la densité et la qualité d'ensilage. (Photo: Ueli Wyss, Agroscope)

analyser. Il en a été de même pour les échantillons 4 à 6 prélevés dans la partie inférieure. Dans le cas des grosses balles, trois échantillons par balle ont été prélevés au moyen de la sonde; les échantillons ont ensuite été mélangés pour n'en faire qu'un. La température dans le silo-couloir et le silo-boudin a été mesurée avec une sonde de température à 30 et à 70 cm à l'arrière du front d'attaque.

La qualité microbiologique des ensilages (levures, moisissures et bactéries aérobies mésophiles) a été déterminée de même que les paramètres de fermentation (pH, teneur en ammoniac, acides fermentaires, teneur en éthanol) et la stabilité aérobie. Pour déterminer cette dernière, des échantillons d'ensilages ont été stockés à température ambiante en conditions aérobies. La stabilité aérobie a été déterminée à l'aide de relevés de température, mesurée et enregistrée toutes les 30 minutes. Les ensilages ont été considérés comme stables aussi longtemps que leur température ne dépassait pas la température ambiante de plus de 3 °C.

Résultats et discussion

Matériel initial

Dans les balles, les différences entre les deux taux de MS étaient plus faibles que dans le silo-boudin (tabl. 1). Les pulpes ensilées en balles provenaient de la sucrerie de Frauenfeld et celles ensilées dans le silo boudin et le silo-couloir de la sucrerie d'Aarberg.

Les disparités constatées au niveau des teneurs en cendres brutes du matériel initial ensilé en balles et du matériel ensilé dans les deux types de silo témoignent de quelques différences entre les matières premières utilisées.

Les pulpes des balles fabriquées à Frauenfeld, pressées plus fortement, présentaient des teneurs en sucres plus basses (hydrates de carbone hydrosoluble et solubles dans l'éthanol); ces résultats coïncident avec ceux des essais de Wyss (2003). Par contre, les teneurs en sucres des deux taux de MS, relevées dans les pulpes provenant d'Aarberg, étaient pratiquement identiques. Les

Tableau 1 | Composition chimique des pulpes de betteraves fraîches

Procédés d'ensilage	Taux en matière sèche	balles		silo-boudin		silo-couloir
		standard	élevé	standard	élevé	élevé
Echantillon	N	2	2	2	2	2
Matière sèche	%	25,1	31,2	23,9	34,2	35,4
Cendres	g/kg MS	93	85	71	70	66
Matière azotée	g/kg MS	79	79	89	92	93
Cellulose brute	g/kg MS	180	190	176	177	184
ADF	g/kg MS	210	223	219	215	210
NDF	g/kg MS	358	373	391	361	367
Matière grasse	g/kg MS	11	13	11	12	11
WSC	g/kg MS	125	77	121	128	115
ESC	g/kg MS	102	59	107	106	115
NEL	MJ/kg MS	7,1	7,1	7,2	7,2	7,2
PAIE	g/kg MS	102	103	108	109	110
PAIN	g/kg MS	55	56	63	65	65

MS: matière sèche; ADF: lignocellulose; NDF: parois; WSC: hydrates de carbones solubles dans l'eau; ESC: hydrates de carbones solubles dans l'éthanol; NEL: énergie nette pour la production laitière; PAIE: protéines absorbables dans l'intestin, synthétisées à partir de l'énergie disponible; PAIN: protéines absorbables dans l'intestin, synthétisées à partir de la matière azotée dégradée.

hydrates de carbone hydrosolubles étaient semblables ou plus élevés que les hydrates de carbones solubles dans l'éthanol. Selon Hollaus *et al.* (1983), 15 g de sucre par kg de matière fraîche ou 60 à 70 g par kg de matière sèche sont nécessaires pour assurer une bonne fermentation lactique et donc une baisse suffisante du pH. Dans la présente étude, ces valeurs ont été nettement dépassées dans la plupart des cas. Il est à préciser que de la mélasse a été mélangée aux pulpes de betteraves.

Densité

Si l'on se réfère à la matière fraîche, les pulpes de betteraves avec les teneurs en MS les plus élevées présentaient une densité plus faible. En revanche, si l'on se réfère à la matière sèche, les échantillons de pulpes avec les teneurs en MS les plus élevées présentaient alors une densité plus élevée (tabl. 2). A noter que les pulpes de betteraves plus sèches présentaient en balles une densité plus élevée de 11 % et dans le silo-boudin de 26 % par rapport aux pulpes standard.

Des différences ont cependant été constatées en fonction de l'endroit où les échantillons ont été prélevés dans le silo-boudin ou le silo-couloir. Dans le cas des pulpes standard, la densité a varié dans le silo-boudin entre 163 et 194 kg MS par m³, alors que pour les pulpes de betteraves pressées plus fortement, elle variait dans le silo-boudin entre 203 et 263 kg MS par m³ et dans le silo-couloir entre 173 et 283 kg MS par m³. Ces valeurs correspondent à celles relevées dans les essais de Weber (2006) réalisés avec des silos-boudin, dans lesquels la densité de stockage dépendait de la teneur en MS et de la position de l'échantillon.

Mesures de la température

Dans le silo-boudin et le silo-couloir, les premiers échantillons ont été prélevés après respectivement 40 et 66 jours d'ensilage. Malgré des températures inférieures à 0° C, les pulpes dans le silo-boudin affichaient une température située entre 11 et 20° C et dans le silo-couloir entre 2 et 15° C. La couche de pulpes dans le silo-couloir

Tableau 2 | Densité de la matière fraîche et de la matière sèche des ensilages de pulpes de betteraves

Procédés d'ensilage	Taux en matière sèche	balles		silo-boudin		silo-couloir
		standard	élevé	standard	élevé	élevé
Matière fraîche	kg/m ³	849	837	744	674	659
Matière sèche	kg/m ³	231	256	181	228	227

Tableau 3 | Composition chimique des ensilages de pulpes de betteraves

Procédés d'ensilage	Taux en matière sèche	balles		silo-boudin		silo-couloir
		standard	élevé	standard	élevé	élevé
Echantillon	N	4	4	4	6	4
Matière sèche	%	27,4	30,7	25,0	34,4	35,3
Cendres	g/kg MS	99	94	74	78	81
Matière azotée	g/kg MS	82	81	91	93	93
Cellulose brute	g/kg MS	185	188	180	181	182
ADF	g/kg MS	222	224	222	217	214
NDF	g/kg MS	389	392	417	411	393
Matière grasse	g/kg MS	15	15	12	13	12
WSC	g/kg MS	25	36	28	51	31
ESC	g/kg MS	22	34	16	42	26
NEL	MJ/kg MS	6,9	7,0	7,1	7,1	7,1
PAIE	g/kg MS	97	97	102	102	102
PAIN	g/kg MS	54	54	60	62	62

MS: matière sèche; ADF: lignocellulose; NDF: parois; WSC: hydrates de carbones solubles dans l'eau; ESC: hydrates de carbones solubles dans l'éthanol; NEL: énergie nette pour la production laitière; PAIE: protéines absorbables dans l'intestin, synthétisées à partir de l'énergie disponible; PAIN: protéines absorbables dans l'intestin, synthétisées à partir de la matière azotée dégradée.

étant sensiblement plus mince que dans le silo-boudin, les pulpes se sont refroidies plus rapidement en surface. Une durée de stockage plus longue permet aux pulpes de poursuivre leur refroidissement. Au printemps, les températures dans les pulpes sont remontées en raison des températures extérieures en hausse, ce qui a entraîné des températures plus élevées en surface qu'à l'intérieur du silo.

Quantités de prélèvement

Le fourrage du silo-boudin a été prélevé avec une désileuse. Dans ce silo, le prélèvement moyen s'élevait à 16 cm par jour.

Dans le silo-couloir, des blocs d'ensilages ont été découpés chaque semaine; ces blocs ont ensuite été déposés dans une fourragère pour être distribués aux animaux. Le prélèvement moyen s'élevait à 15 cm par jour.

Teneurs et paramètres de fermentation

Le processus de fermentation dans l'ensilage a transformé d'abord les sucres (hydrates de carbone hydrosolubles et solubles dans l'éthanol; tabl. 3). Dans les pulpes

standard, une teneur résiduelle en sucres de 20 % a été relevée, ce qui correspond aux données de Weber (2006) pour des ensilages présentant des teneurs en MS comprises entre 19 et 32 % MS. Dans les ensilages avec la teneur en MS élevée, la teneur en sucres résiduels était plus importante et s'élevait à 40 %, ce qui signifie qu'une moins grande quantité de sucres a été transformée.

Les teneurs des autres nutriments étaient légèrement plus élevées dans les ensilages que dans le matériel initial, ce qui est dû à la transformation des sucres. La teneur en NEL était en moyenne inférieure de 0,1 MJ/kg MS par rapport à celle relevée dans le matériel initial.

Comme déjà constaté dans des essais antérieurs réalisés par Wyss (2003), la formation d'acide lactique s'est aussi révélée moins forte dans les pulpes de betteraves ayant les teneurs en MS élevées que dans les pulpes à teneurs en MS moins élevées. En conséquence, ces ensilages ont affiché des valeurs pH légèrement supérieures (tabl. 4). La concentration en acide acétique était assez basse dans tous les ensilages sans exception. Quant à l'acide butyrique, seules des traces ont été relevées. La proportion d'azote ammoniacal par rapport à l'azote

Tableau 4 | Paramètres fermentaires, qualité microbiologique et stabilité aérobie des ensilages

Procédés d'ensilage		balles		silo-boudin		silo-couloir
		standard	élevé	standard	élevé	élevé
Echantillon	N	4	4	4	6	4
Matière sèche	%	27,4	30,7	25,0	34,4	35,3
pH		3,9	4,1	3,8	4,0	4,1
Acide lactique	g/kg MS	60	38	80	59	45
Acide acétique	g/kg MS	9	5	15	13	15
Acide propionique	g/kg MS	0	0	0	0	0
Acide butyrique	g/kg MS	1	1	0	0	0
Ethanol	g/kg MS	4	2	4	2	8
N-NH ₃ /N tot.	%	3,4	3,2	3,6	3,1	2,6
Points DLG		100	100	100	100	100
Bactéries ¹	log UFC/g	2,7	2,7	3,4	2,7	2,8
Bactéries ²	log UFC/g	4,8	4,5	4,3	2,8	4,0
Bactéries ³	log UFC/g	2,7	2,7	3,2	3,2	3,2
Moisissures ⁴	log UFC/g	2,2	2,2	1,1	1,5	2,3
Moisissures ⁵	log UFC/g	2,4	2,2	1,1	2,1	2,3
Moisissures ⁶	log UFC/g	2,2	2,2	1,1	1,5	2,3
Levures ⁷	log UFC/g	4,4	4,5	2,9	1,9	4,8
Stabilité aérobie	jours	4,4	6,9	4,8	6,5	7,8

MS: matière sèche; N-NH₃/N tot.: proportion d'azote ammoniacal par rapport à l'azote total
 UFC: unité formant colonie

¹Bactéries aérobies mésophiles, typiques au produit, qualité normale < 5,6 log UFC/g

²Bactéries aérobies mésophiles, indicatrices de l'altération, qualité normale < 5,3 log UFC/g

³Bactéries aérobies mésophiles streptomycètes, qualité normale < 4,5 log UFC/g

⁴Moisissures, typiques au produit, qualité normale < 3,7 log UFC/g

⁵Moisissures, indicatrices de l'altération, qualité normale < 3,7 log UFC/g

⁶Moisissures, mucorales, qualité normale < 3,7 log UFC/g

⁷Levures, qualité normale < 6,0 log UFC/g

total était faible. Tous les ensilages ont atteint le nombre maximal de points DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft), présentant ainsi tous une excellente qualité fermentaire.

Qualité microbiologique

Tous les ensilages dénotaient une très bonne qualité microbiologique. Selon l'évaluation VDLUFA (2012), les analyses de l'ensemble des groupes de germes pris en considération ont donné des résultats très satisfaisants (tabl. 4). La densité élevée, les quantités prélevées quotidiennement et le fait que les pulpes de betteraves aient été affouragées en hiver et au printemps alors que les températures extérieures étaient basses ont très certainement contribué à ce résultat.

Stabilité aérobie

Une comparaison directe de la stabilité aérobie n'est possible que dans le cas des grosses balles, toutes les balles ayant été ouvertes en même temps. A ce propos, on a constaté que les ensilages avec les teneurs en MS élevées étaient plus stables que les pulpes de betterave standard (tabl. 4).

De même, les pulpes de betteraves ensilées dans le silo-boudin et dans le silo-couloir avec la teneur en MS élevée étaient plus stables que celles avec la teneur en MS plus basse. En examinant les différentes dates de prélèvement, on s'aperçoit que la stabilité varie quelque peu. Entre les échantillons prélevés dans les couches supérieures et ceux prélevés dans les couches inférieures, il n'y a pratiquement aucune différence. Ces résultats

confirment les essais de Wyss (2003) et ceux de Weber (2006), selon lesquels une teneur en MS plus élevée n'altère pas la stabilité aérobie des ensilages.

Stratégie des sucreries

En raison des résultats positifs du présent essai, les sucreries d'Aarberg et de Frauenfeld envisagent pour la production 2014 d'augmenter la teneur en MS à 28 % dans un premier temps. Le passage à 30 % de MS se fera dans une seconde étape. D'une part, cette stratégie donne du temps aux sucreries pour mettre en place ce qui a été planifié; d'autre part, les clients ont ainsi la possibilité d'acquérir de l'expérience. Une seconde augmentation de la MS et l'ampleur de celle-ci dépend donc en premier lieu des remarques des clients et de la faisabilité technique au niveau des sucreries.

Un compactage plus élevé des pulpes est primordial pour les sucreries d'Arberg et de Frauenfeld, car les coûts de transport ont beaucoup augmenté ces dernières années. Cette mesure évitera une augmentation du prix par kg/MS, en particulier dans le cas des pulpes de betteraves livrées franco gare. Ces économies se répercuteront sur le coût des produits, étant donné que par kg acheté il y aura moins d'eau et davantage de matière sèche.

Conclusions

- Les teneurs en nutriments des pulpes de betteraves standard et des pulpes avec une teneur en MS plus élevée étaient quasiment identiques tant dans le matériel initial que dans les ensilages.
- Les pulpes de betteraves provenant des grosses balles fabriquées à Frauenfeld présentaient une teneur en cendres légèrement supérieure et donc une teneur en NEL légèrement inférieure tant dans le matériel initial que dans les ensilages, par rapport à celles fabriquées par la sucrerie d'Aarberg.
- Dans le silo-couloir, les pulpes ont pu être bien et facilement compactées. Pour la confection du silo-boudin, les pulpes les plus sèches n'ont occasionné aucun problème de mécanisation.
- Si l'on se réfère à la matière sèche, les pulpes de betteraves avec les teneurs en MS élevées présentaient dans les balles une densité plus élevée de 11 % et dans le silo-boudin de 26 % par rapport aux pulpes standard.
- Tous les ensilages présentaient un pH bas. Celui-ci était légèrement plus élevé dans les pulpes plus fortement pressées. Il est normal que le pH baisse moins en présence d'une teneur en MS plus élevée.
- Après le prélèvement et le stockage à température ambiante (20 °C), les pulpes de betteraves se sont échauffées lentement. La stabilité aérobie était légèrement meilleure dans les pulpes avec la teneur en MS plus élevée que dans les pulpes standard.
- La qualité microbiologique (bactéries, moisissures et levures) des ensilages était bonne: les échantillons présentaient une faible contamination par des microorganismes. ■

Riassunto**Influsso del tenore di SS della polpa pressata sulla qualità e sulla stabilità aerobica degli insilati**

Al momento la polpa pressata è distribuita con tenori di SS di circa il 25 per cento. In futuro gli zuccherifici intendono pressare maggiormente la polpa per ridurre i volumi di trasporto. Nelle presenti rilevazioni è stato analizzato quale influsso hanno maggiori tenori di SS dei diversi sistemi d'insilamento sulla qualità e sulla stabilità aerobica degli insilati. La polpa pressata è stata insilata con il 25 e il 34 per cento di SS in balle, silo con pompa e silo a fondo piatto e durante il rilevamento sono stati prelevati regolarmente dei campioni. Le sostanze nutritive grezze della polpa standard e di quella pressata con un elevato tenore di SS erano praticamente identiche nel materiale di base e negli insilati. Vi erano lievi differenze nel materiale di entrambi gli zuccherifici. La polpa maggiormente pressata presentava una densità di SS maggiore e una migliore stabilità aerobica rispetto alla polpa standard. Tutti gli insilati sono caratterizzati da una buona qualità fermentativa e da una buona qualità microbiologica.

Summary**Sugar beet pulp with higher DM-contents shows a good silage quality**

Currently, pressed sugar-beet pulp is delivered with a DM content of around 25 %. In future, sugar refineries hope to press the pulp even harder, with a view to reducing transported quantities. In the present study, we investigated the influence of higher DM content on silage quality and aerobic stability in various silage methods. To this end, pressed pulp with 25 % and 34 % DM was ensiled in large bales, in a large plastic bag, and in a bunker silo. Several samples were taken during feed-out. The crude nutrients of the standard pulp and of the pressed pulp with the higher DM content were practically identical in both the basic raw material and in the silages. Small differences were observed in the raw material of the two sugar refineries. The pulp that was pressed harder exhibited higher DM density and better aerobic stability than the standard pulp. All silages were characterised by both good fermentation quality and good microbiological quality.

Key words: sugar beet pulp, silage, DM-content, fermentation quality, aerobic stability.

Bibliographie

- Hollaus F., Braunsteiner W. & Kubadinow N., 1983. Beiträge zur Aufklärung mikrobiologischer und chemischer Zusammenhänge bei der Pressschnittsilierung. 1. Mitteilung: Untersuchungen über Mikroorganismen in Pressschnittsilern. *Zuckerindustrie* 108 (11), 1049–1058.
- VDLUFA, 2012. Keimgehalte an Bakterien, Hefen, Schimmel- und Schwärzepilzen. Methodenbuch III, Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, 8. Ergänzungslieferung 2012.
- Weber U., 2006. Untersuchungen zur Silierung von Zuckerrübenpressschnittsilern in Folienschläuchen. Dissertation der landwirtschaftlich-gärtnerischen Fakultät der Humboldt-Universität Berlin, 153 p.
- Wyss U., 2003. Pulpes de betterave et qualité de l'ensilage. *Revue suisse d'Agriculture* 35 (3), 121–125.