

Évaluation des principaux facteurs associés à la détérioration microbienne du sirop d'érable en vrac

Luc Lagacé, *Ph.D.*, Centre de recherche, de développement et de transfert technologique acéricole Inc. 3600 boul. casavant Ouest, St-Hyacinthe, QC, Canada. J2S 8E3.

Résumé

L'importance de différentes variables sur la conservation du sirop d'érable en barils a été étudiée dans le cadre de ce projet. Premièrement, une comparaison de 4 types de barils et de 2 techniques d'échantillonnage (standard et Morneau) a été effectuée à partir de 9 lots de sirop et en utilisant des conditions rigoureusement contrôlées de mise en contenant. Les résultats obtenus ont démontré que la couleur du sirop a été influencée par le type de barils durant la période d'entreposage de 24 mois. Les barils Barinox et Vulcan ont permis une meilleure conservation de la couleur du sirop comparativement aux barils Morneau et CDL (sac laminé d'aluminium). Les conditions contrôlées de mise en contenant ont permis d'obtenir un faible taux (2%) de détérioration microbienne du sirop durant l'entreposage. Cependant, l'échantillonnage à l'aide de la technique standard a fait augmenter considérablement ce taux (16,6%) notamment pour les barils Morneau et CDL. L'échantillonnage à l'aide de l'échantillonneur Morneau a permis un taux réduit de détérioration de 3,7%.

Deuxièmement, une analyse a été effectuée de la population de 53206 barils reçus des producteurs après la récolte et entreposés environ pendant 6 mois avant d'être reclassés à l'automne 2004 en vue d'être pasteurisés. Cette analyse a permis d'évaluer l'importance de différentes variables sur l'apparition de la détérioration microbienne du sirop à l'entreposage. Les résultats révèlent notamment que les pratiques de mise en contenant sont considérablement importantes pour la conservation du sirop. Une concentration en solides solubles inférieure à 66°Brix ainsi qu'un taux de remplissage inférieur à 90% sont parmi les variables qui sont les plus fortement corrélées à la détérioration microbienne. De plus, une certaine catégorie de sirops venant d'entreprises de plus petite taille semblent plus fortement associées à la détérioration microbienne du sirop à l'entreposage. Finalement, le baril de plastique Morneau s'est révélé plus susceptible aux pratiques défavorables à la conservation du sirop faisant en sorte qu'il est associé à une proportion importante de barils présentant une détérioration microbienne (43%).

Ces résultats révèlent l'importance de contrôler les pratiques de mise en contenant à l'érablière ainsi que l'échantillonnage et l'entreposage afin de prévenir la dégradation de la qualité du sirop en vrac et d'éviter des pertes monétaires importantes pour l'industrie acéricole.

Mots clés : sirop, érable, barils, entreposage, conservation, fermentation, saveur

Abstract

The importance of different variables on the stability during storage of bulk maple syrup was investigated in this project. First, 4 types of 32-gallon drums and 2 sampling techniques (standard and Morneau) were evaluated for 9 different lots of maple syrup produced in rigorously controlled packaging conditions. Results obtained demonstrate that the colour of maple syrup was influenced by the type of drums over the storage period of 24 months. Metal drums from Barinox and Vulcan showed a slightly better colour stability of maple syrup compared to Morneau and CDL (aluminium barrier bag) plastic drums. Under controlled packaging conditions, the rate of microbial spoilage of maple syrup during storage was low (2%). But after sampling of containers using the standard method, the rate of microbial spoilage considerably increased (16.6%) especially for the Morneau and CDL containers. Sampling with the Morneau device permitted to control the microbial spoilage rate to 3.7%.

Second, an analysis was performed on the population of 53206 maple syrup drums that were received from Quebec producers following the 2004 season and kept in storage for approximately 6 months before being re-inspected and pasteurized for long period storage. From this analysis, some variables showed to be highly related to microbial spoilage during the 6 month storage period. Results showed that the packaging operations performed by the maple syrup producers are critical to maple syrup stability during storage. A total solid concentration lower than 66°Brix and a percentage of drum filling lower than 90% were among the variables that most strongly correlated with microbial spoilage. Furthermore, a category of syrup coming from smaller sugarbushes was also highly related to microbial spoilage during storage. Finally, a certain type of drum (Morneau plastic drum) showed to be highly susceptible to improper packaging operations and was related to a high proportion of syrups (43%) that had microbial spoilage.

These results reveal the importance of appropriate packaging operations at the sugarhouse and of good sampling practices for inspection to prevent microbial spoilage of bulk maple syrup during storage and avoid important economical loss for the maple syrup industry.

Key words: maple, syrup, drums, storage, conservation, fermentation, flavour

Introduction

Le sirop d'érable est un produit qui se distingue des autres produits alimentaires en raison de diverses particularités. Entre autres, la mise en marché du sirop d'érable au Québec nécessite qu'il soit emballé en grands contenants (barils) et livré aux entrepôts de la Fédération des producteurs acéricoles du Québec pour être classé et inspecté. Suite au classement et à l'inspection, les barils de sirop sont achetés par les entreprises de transformation et d'embouteillage durant l'année selon leur besoin. Dépendamment du rythme découlement, un certain nombre de barils de sirop va séjourner temporairement en entrepôt sur une période pouvant s'étendre jusqu'à environ 6 mois. Au bout de cette période, les barils de sirop invendus de la saison en cours sont classés et inspectés une 2^{ème} fois et ensuite pasteurisés et emballés dans des barils à usage unique pour un entreposage à long terme. Durant l'entreposage temporaire de la saison en cours, la couleur du sirop d'érable peut s'intensifier affectant ainsi son grade de couleur et sa valeur commerciale. De plus, lors de cet entreposage, le sirop peut également subir une détérioration microbienne par une fermentation ou par la croissance de moisissures, ce qui va affecter ses propriétés physico-chimiques et sensorielles et potentiellement le rendre impropre à la consommation humaine. Ceci occasionne des pertes économiques significatives à l'industrie acéricole québécoise.

L'intensification de la couleur lors de l'entreposage temporaire des barils reçus des producteurs pourrait être en grande partie attribuable aux caractéristiques (conception, étanchéité, perméabilité aux gaz, etc.) des contenants ^(3,6,7,8,9,10,11).

La détérioration d'origine microbienne du sirop d'érable est quant à elle causée principalement par le développement de levures et de moisissures et résulte en une fermentation des sucres faisant en sorte de

provoquer une accumulation de gaz dans le contenant et une détérioration de la saveur du sirop ^(2,12). La contamination microbienne du sirop d'érable surviendrait principalement lors de la mise en contenant chez le producteur ⁽⁵⁾ et lors de la procédure d'échantillonnage précédant l'entreposage. Au niveau du producteur, différentes raisons peuvent faire en sorte que le sirop sera contaminé. Les micro-organismes peuvent contaminer le sirop d'érable notamment lorsque la température recommandée d'emballage à 85°C n'est pas atteinte et lorsque le contenant et les équipements sont mal lavés et asséchés ⁽⁴⁾. Pour citer quelques exemples, certains producteurs pratiqueraient des mélanges de volumes de sirop à la température de la pièce sans conditionnement à 85°C. D'autres producteurs procèderaient en remplissant le baril par couches successives de sirop avec un délai entre chaque couche laissant ainsi le temps au sirop de refroidir. La température d'emballage dans ces deux cas ne serait pas respectée favorisant ainsi la présence de micro-organismes dans le sirop. Il peut arriver également que le producteur ne remplisse pas complètement le baril, ce qui laisserait un espace de tête dans le contenant où le développement microbien pourrait survenir. Par ailleurs, la procédure d'échantillonnage actuelle qui nécessite l'ouverture des barils pourrait elle aussi contribuer à la détérioration microbienne du sirop d'érable au cours de cet entreposage. Cette pratique pourrait favoriser l'introduction de micro-organismes dans le sirop par le biais de l'air ambiant, des instruments d'échantillonnage et du manipulateur et ainsi contribuer à sa détérioration. La détérioration microbienne du sirop semble donc associée à un ensemble de facteurs difficiles à dissocier rendant ainsi le problème difficile à cerner. En connaissant les principaux facteurs pouvant affecter la conservation du sirop d'érable en barils, il pourrait être possible de mettre en place des mesures correctives dans les pratiques non conformes chez les producteurs et dans la

méthode d'échantillonnage afin de limiter ce problème.

À l'heure actuelle, quatre types de barils disponibles sur le marché pour l'emballage du sirop d'érable en vrac constituent les principales options offertes aux producteurs acéricoles. Ces barils se différencient par les matériaux avec lesquels ils sont conçus (plastique et acier inoxydable) et par leur design. Malheureusement, aucune donnée scientifique permettant de juger de la stabilité du sirop d'érable emballé dans ces barils n'était disponible préalablement à cette étude. Ce type d'information pourrait permettre de faire un choix de contenant plus éclairé et ainsi amener des améliorations qui seraient profitables pour l'ensemble de l'industrie acéricole. Par ailleurs, on suspecte certaines lacunes lors de l'échantillonnage réalisé pour fin d'inspection et de classement. Toutefois, aucune donnée scientifique n'était disponible avant cette étude pour confirmer ce fait et établir l'ampleur de ce phénomène. Des données à ce sujet pourraient orienter une procédure d'échantillonnage à suivre afin d'éviter ce problème. Certains manufacturiers d'équipements acéricoles proposent à cet égard de nouveaux systèmes d'échantillonnage qui pourraient régler ce problème, du moins en partie, en permettant le prélèvement d'un échantillon sans ouvrir le baril. Ces systèmes doivent cependant être rigoureusement évalués avant d'être adoptés.

Objectifs de l'étude

Les travaux présentés dans ce projet se divisent en 2 volets. Le premier volet a été consacré à l'évaluation des principaux types de barils disponibles sur le marché et à l'évaluation de l'effet de l'échantillonnage (standard et Morneau) sur la stabilité (couleur et détérioration microbienne) du sirop d'érable à l'entreposage. Le deuxième volet étudiait quant à lui l'effet des principales variables d'inspection et de classement sur la présence de détérioration microbienne du sirop d'érable.

Matériel et méthodes

Volet 1

Les sirops utilisés dans ce volet étaient constitués de mélanges de sirops conformes de la saison courante (2004) qui ont été pasteurisés (>85°C) et filtrés. Pour l'expérience, 9 lots d'environ 4000 kg de sirop ont été produits et distribués uniformément dans les différents types de barils à l'étude. De ces 9 lots, 3 correspondaient au grade de couleur *clair* (A), 3 au grade de couleur *médium* (B) et 3 au grade *ambré* (C).

Les types de barils étudiés étaient le baril de plastique blanc de la compagnie *Plastica Morneau Inc.*, le baril de plastique utilisant à l'intérieur un sac laminé d'aluminium à usage unique de la compagnie *Les équipements d'érablière CDL Inc.*, le baril d'acier inoxydable avec joints sertis de la compagnie *Vulcan contenants Ltée* et le baril d'acier inoxydable avec joints soudés de la compagnie *Barinox Inc.* Tous les barils utilisés étaient neufs et propres au moment de leur utilisation.

Deux techniques d'échantillonnage ont été évaluées dans ce volet. La 1^{ère} est la technique standard actuellement utilisée pour l'inspection et la classification du sirop d'érable en vrac. Cette technique consiste à ouvrir le baril et à prélever une petite quantité de sirop à l'aide d'une pissette pour des analyses ultérieures. La 2^{ème} technique consistait à placer sur l'ouverture latérale du baril, un bouchon spécial préalablement à la procédure de remplissage du baril. Ce bouchon était muni d'un adaptateur pouvant recevoir une seringue de plastique. Au moment de l'échantillonnage, la seringue était vissée sur l'adaptateur du bouchon latéral du baril et l'échantillon de sirop était prélevé par aspiration à l'aide de la seringue. Cette technique permettait d'obtenir un échantillon de sirop sans besoin d'ouvrir le baril.

L'ensemble des barils étudiés dans ce volet ont été entreposés sur une période de 24 mois dans les conditions actuelles

d'entreposage de l'industrie à l'entrepôt de la Fédération des producteurs acéricoles du Québec à St-Antoine de Tilly, QC.

Afin de mesurer des changements dans la couleur et la saveur des sirops étudiés, des prélèvements aléatoires ont été effectués en cours d'entreposage pour chaque type de baril et chaque lot de sirop à 0, 6, 12 et 24 mois. À chaque période de prélèvement, une analyse de la couleur (transmission de la lumière au spectrophotomètre à 560 nm) ainsi qu'une évaluation du goût (présence ou absence de défaut) ont été effectuées par les inspecteurs de CINTECH AA selon les méthodes standards reconnues par l'industrie. Une analyse ANOVA a été réalisée sur les moyennes des écarts de couleur pour chaque type de barils ainsi qu'un test de comparaison Tukey au seuil α de 0.05.

Volet 2

Les données analysées dans ce volet provenaient de la base de données d'inspection et de classification de la Fédération des producteurs acéricoles du Québec. Cette base de données compile à chaque année les informations recueillies lors de l'inspection et du classement des sirops d'érable livrés en barils aux entrepôts. Plus particulièrement, les données analysées provenaient du 2^{ème} classement des barils invendus à l'automne 2004. Le nombre de ces barils s'élevait à 53206. Pour les calculs de proportion des populations de barils avec ou sans détérioration microbienne (Tableaux 4 à 7), les barils présentant des défauts autres que la détérioration microbienne (16341) ont été retirés des calculs pour éviter les possibles biais d'interprétation. Les calculs de proportion sont donc basés sur un nombre total de 36865 barils (avec et sans détérioration microbienne).

Un total de 8 variables étaient disponibles de la base de données pour analyse. Ces variables étaient : la capacité du baril (32 ou 45 gallons), le type de sirop (régulier ou biologique), le niveau de remplissage, la catégorie de couleur (AA, A, B, C et D), le type

de baril (tare en lbs), la concentration en solides solubles du sirop ($^{\circ}$ Brix), la couleur du sirop (% de transmission de lumière à 560nm) et la taille de l'entreprise (petite ou grande). La variable correspondant au niveau de remplissage du baril était évaluée à l'aide du poids net du baril et du poids net théorique selon le type de baril correspondant. Un baril ayant un poids net inférieur à 90% de son poids net théorique était ainsi jugé non rempli. La variable correspondant à la taille de l'entreprise était évaluée à partir de la quantité de sirop livrée en vrac par cette entreprise. Une entreprise avec une quantité de sirop livrée en vrac inférieure à 10000 lbs était considérée comme une petite entreprise alors que celle avec une quantité de 10000 lbs et plus était considérée comme une grande entreprise. La variable réponse consistait en l'observation lors de l'inspection et du classement d'un défaut d'origine microbienne et les barils présentant ce type de défaut étaient cotés VR2 (défaut prononcé) ou NC2 (produit rejeté).

L'analyse des données pour chaque variable a été effectuée en procédant à différents calculs de proportions de barils présentant ou non une détérioration microbienne. De plus, une analyse de régression logistique a été réalisée afin de déterminer les effets significatifs des variables d'inspection et de classement sur la détérioration microbienne du sirop d'érable en utilisant un seuil de signification α de 0,05.

Résultats et discussion

Volet 1 – Comparaison de la couleur et de la dégradation microbienne du sirop d'érable pour différents barils

L'écart moyen de la couleur (% T560 nm) a été calculé pour tous les types de baril et périodes d'échantillonnage. Le Tableau 1 résume les résultats obtenus de la progression de la couleur du sirop d'érable en fonction du temps d'entreposage et du type de baril. Selon ces résultats, les barils Morneau et CDL montrent une intensification significative de la couleur du sirop

contrairement aux barils Vulcan et Barinox dont la couleur est restée inchangée tout au long de la période d'entreposage ($p < 0,001$). L'intensification de la couleur apparaît après 6 mois d'entreposage pour le baril Morneau alors qu'elle survient après 12 mois pour le baril CDL. De façon générale, l'intensification maximale de la couleur du sirop apparaît après 12 mois d'entreposage pour tous les types de contenants testés ($p < 0,001$).

Tableau 1. Résultats d'écarts moyens de la couleur du sirop d'érable (%T560 nm) mesurée sur 9 lots ($n = 9$) en fonction du temps d'entreposage

Type de baril	Périodes d'entreposage		
	6 mois	12 mois	24 mois
Morneau	-2,8 ^a	-6,8 ^a	-4,4 ^{ab}
CDL	0,4 ^b	-8,6 ^a	-6,3 ^a
Vulcan	0,8 ^b	-0,7 ^b	0,6 ^b
Barinox	0,3 ^b	0,9 ^b	1,2 ^b

Les résultats négatifs d'écarts moyens indiquent une intensification de la couleur

Les résultats d'une même colonne ayant des lettres différentes indiquent une différence significative ($p < 0,05$)

Des écarts types relativement importants (jusqu'à $\pm 8,8$) ont été notés sur les moyennes du Tableau 1. Ceci indique une variabilité parfois importante entre les mesures de couleur sur chacun des sirops. Il faut considérer que ces moyennes proviennent de mesures qui ont été faites sur 9 lots de sirop et sur de nouveaux barils d'un même lot de sirop à chaque période d'échantillonnage. Une certaine hétérogénéité peut donc provenir de la méthode d'échantillonnage elle-même et du fait que les barils d'un même lot ont été remplis successivement. Malgré cette variabilité sur les mesures, des différences significatives ont été perçues entre les sirops emballés dans les barils Morneau et CDL et ceux emballés dans les barils Vulcan et Barinox. Ces derniers semblent donc permettre de mieux préserver la couleur du sirop à l'entreposage. Toutefois, ces résultats ont été obtenus avec des barils propres et neufs et avec une méthode de conditionnement et de remplissage rigoureusement contrôlée. Les barils Vulcan et Barinox sont des barils à usages multiples et sans une méthode de lavage et

d'assainissement garantissant la salubrité des barils lors de leur utilisation par les producteurs, il pourrait être difficile d'obtenir des résultats similaires à ceux du Tableau 1. Malgré les différences significatives de la couleur du sirop pour les barils Morneau et CDL par rapport aux barils Vulcan et Barinox, cette différence pourrait être jugée acceptable dépendamment du niveau toléré d'instabilité de la couleur à l'entreposage qui pourrait être fixé par l'industrie.

Une des variables importantes à évaluer lors de l'entreposage est la détérioration microbienne du sirop d'érable. Elle se manifeste généralement soit par la fermentation du sirop ou le développement de moisissures. Tous les lots de sirop produits avaient au départ une apparence et une saveur conforme sans défaut d'aucune nature. Le Tableau 2 rapporte les résultats de l'apparition de détérioration microbienne du sirop après un entreposage de 24 mois et ce, en fonction de la technique d'échantillonnage et du type de baril évalué. Les sirops contrôlés i.e. qui n'ont été ouverts qu'une seule fois durant l'entreposage, affichent un % de détérioration microbienne de 2,1% (3/144) pour l'ensemble des barils évalués. La fermentation (VR2) a été observée pour un baril des types Morneau, Vulcan et CDL.

Tableau 2. Résultats d'occurrence de dégradation microbienne du sirop d'érable (nombre de contenants VR2, NC2 et autres défauts d'ordre microbien) en fonction du type de contenant et de la technique d'échantillonnage

Technique	Type de contenant				Total
	Morneau	CDL	Vulcan	Barinox	
Contrôle	1/36	1/36	1/36	0/36	3/144 (2,1%)
Éch. Standard	3/9 ^β	3/9 ^γ	0/9	0/9	6/36 (16,6%)
Éch. Morneau	0/9	—	1/9	0/9	1/27 (3,7%)
Total	4/54 (7,4%)	4/45 (8,9%)	2/54 (3,7%)	0/54 (—)	10/207 (4,8%)

β – contient un contenant coté NC2, sirop rejeté pour cause de défaut microbien majeur

γ – un des contenants présentait un développement de moisissures dans l'embouchure du bouchon

Il faut cependant se rappeler que les barils utilisés étaient neufs et propres. Dans ces

conditions rigoureusement contrôlées, une probabilité d'environ 2% d'occurrence de détérioration microbienne semble être observable. Pour les barils ayant été échantillonnés avec la méthode standard, le % de détérioration microbienne pour l'ensemble de ces barils s'élève à 16,6% (6/36). Parmi ces barils, 3 sur 9 du type Morneau ont affiché une détérioration microbienne dont un a été rejeté (NC2) pour cause de détérioration microbienne majeure. Pour les barils CDL, 3 ont subi une détérioration microbienne dont 2 ont été classés VR2 et un présentait un développement de moisissures dans l'embouchure du bouchon. Les barils Vulcan et Barinox quant à eux n'ont subi aucune détérioration microbienne (VR2) associée à l'échantillonnage standard.

L'utilisation de l'échantillonneur Morneau a permis de réduire le % de détérioration microbienne selon le Tableau 2, à 3,7% où un seul baril (Vulcan) a subi une détérioration microbienne (VR2). Selon ces résultats, l'échantillonnage avec la méthode standard semble avoir un impact important sur l'apparition de la détérioration microbienne à l'entreposage alors que l'échantillonneur Morneau semble apporter une certaine limitation à ce type de détérioration.

Volet 2 – Influence de différentes variables d'inspection et de classement sur la détérioration microbienne du sirop d'érable

La population de barils étudiée afin de déterminer l'importance relative de certaines variables sur l'apparition de la détérioration microbienne, correspond aux barils de la production 2004 livrés aux entrepôts et qui ont séjourné pour une période d'environ 6 mois en vue d'être reclassés et reconditionnés. La population totale s'élevait à 53206 barils dont 4927 (9,3%) ont subi une détérioration microbienne (Tableau 3). De ces barils, seulement 238 (0,4%) présentaient une détérioration microbienne lors de la 1^{ère} inspection. C'est donc dire que le reste des barils (4689) ont subi une détérioration au cours des 6 mois d'entreposage. Selon la FPAQ, il s'agit d'une perte monétaire appréciable qui se chiffre à environ \$1,5 M

(\$1,00 par lbs de sirop avec défaut) en valeur commerciale. À noter que la population totale des barils analysés provenait d'une répartition assez large de producteurs soit 2066 producteurs différents.

Tableau 3. – Répartition du nombre de barils présentant ou non une détérioration microbienne

Présence de détérioration microbienne	Nombre de barils	% de barils
Non	31938	(60,0%)
Oui	4927	(9,3%)
Autres défauts	16341	(30,7%)
Total	53206	(100%)

L'analyse statistique des données à l'aide du modèle de régression logistique indique un effet significatif ($p < 0,0001$) de plusieurs variables de production sur la présence de détérioration microbienne du sirop d'érable. Le pouvoir de prédiction du modèle de régression logistique produit est jugé modéré avec un % de prédiction de 74%. Les principales variables identifiées sont : **la concentration en solides solubles du sirop (°Brix), le niveau de remplissage, la taille de l'entreprise et le type de baril**. À elles seules, ces 4 principales variables sont associées à 69% des cas de détérioration microbienne. Deux autres variables soient le type de sirop (régulier ou biologique) et la couleur (%T560nm) ont aussi montré une corrélation significative avec la détérioration microbienne mais à un degré moindre. La variable capacité du baril (32 ou 45 gallon) quant à elle n'a pas affiché d'effet significatif sur la présence de détérioration microbienne.

Les micro-organismes ont besoin d'un minimum d'eau pour croître et pour maintenir certaines fonctions métaboliques vitales pour les cellules. **La concentration en solides solubles** du sirop d'érable constitue donc une barrière au développement microbien. Plus cette concentration sera élevée, moins il y aura d'eau disponible et plus le développement microbien sera limité. La concentration minimale en solides solubles du sirop d'érable est fixée à 66°Brix

(Gouvernement du Québec 1998). Une telle concentration correspond à une valeur d'activité de l'eau (A_w) d'environ 0,85. À ce niveau d' A_w , on prévient la croissance des bactéries tandis que celle des levures et des moisissures est considérablement limitée ^(1, 2,12). L'effet de la concentration en solides solubles a donc été évalué en relation avec l'apparition de la détérioration microbienne du sirop. Selon le Tableau 4, les sirops sans détérioration microbienne affichent en moyenne une valeur de °Brix légèrement supérieure. De plus, les valeurs de °Brix obtenues des sirops sans détérioration microbienne semblent plus centrées autour de la moyenne et affichent des valeurs extrêmes (min. et max.) moins importantes. L'importance de respecter la concentration minimale de 66°Brix afin de prévenir la détérioration microbienne du sirop est toutefois mieux décrite lorsqu'on observe au Tableau 4, la répartition des sirops qui ne respectent pas la concentration minimale de 66°Brix. Selon les résultats, les sirops avec détérioration microbienne avaient une proportion inférieure à 66°Brix plus importante que pour les sirops sans détérioration microbienne. Ainsi, on comptait 20% de sirops avec détérioration qui ne respectaient pas la teneur minimale en solides solubles comparativement à 6% pour les sirops sans détérioration.

Tableau 4. – Résultats de la concentration en solides solubles (°Brix) des sirops présentant ou non une détérioration microbienne

Concentration en solides solubles (°Brix)	Présence de détérioration microbienne	
	NON	OUI
Moyenne	66,5	66,2
Écart type	0,7	0,9
Minimum	62,0	60,5
Maximum	69,7	70,5
Nb de barils	1949	1001
(Conc. <66°Brix)	(6,1%)	(20,3%)

De plus, on dénombrait 1001 barils avec détérioration parmi les 2950 barils ne respectant pas la limite minimale de °Brix, soit une proportion de 34%. Il s'agit donc ici d'un

effet important de la concentration en solides solubles sur la détérioration microbienne du sirop. Un meilleur contrôle chez les producteurs du °Brix du sirop lors de la mise en contenant devrait être favorisé afin de limiter le problème de détérioration microbienne à l'entreposage.

Le niveau de remplissage des contenants est une variable importante de la détérioration microbienne du sirop. La probabilité de détérioration microbienne du sirop sera plus grande lorsque le contenant n'est pas rempli complètement puisqu'un espace de tête propice à la condensation et au développement microbien sera créé ⁽²⁾. Dans ce projet, l'effet du niveau de remplissage a été évalué à partir du poids net des barils. Les barils qui avaient un poids net inférieur à 90% du poids net théorique ont été jugés non remplis. Le Tableau 5 présente la répartition des barils avec et sans détérioration microbienne en fonction du niveau de remplissage des barils. On remarque dans ce tableau qu'une proportion 2 fois plus grande de barils non remplis (26%) présentait une détérioration microbienne comparativement aux barils remplis (12%).

Tableau 5. – Résultats du nombre de barils présentant une détérioration microbienne en fonction du niveau de remplissage (plus ou moins 90% de la capacité maximale du baril)

Présence de détérioration microbienne	Nombre de barils*	
	Rempli à 90% et plus	Rempli à moins de 90%
Non	30045 (87,6%)	1873 (74,3%)
Oui	4257 (12,4%)	647 (25,7%)
Total	34302	2520

* données manquantes pour 43 barils

De plus, parmi les barils avec détérioration microbienne, une proportion également 2 fois plus grande de barils soit 13% (647/4904), étaient non remplis comparativement aux barils sans détérioration où la proportion était de 6% (1873/31918). Selon ces résultats, on constate l'importance du niveau de

remplissage sur l'apparition de la détérioration microbienne du sirop d'érable à l'entreposage. Lorsque les barils ne sont pas remplis complètement, la proportion de barils avec détérioration double par rapport à des barils remplis à plus de 90%. Une sensibilisation accrue des producteurs au besoin de remplir complètement le baril pourrait donc contribuer à atténuer le problème de détérioration microbienne du sirop à l'entreposage.

La taille de l'entreprise peut de façon générale, être révélatrice de certaines pratiques de production non recommandables pour la conservation du sirop d'érable. On compte pour l'ensemble des barils analysés, 2066 producteurs dont environ 82% ont des entreprises de plus petite taille (<10000lbs en vrac) et 18% ont des entreprises de plus grande taille (>10000lbs en vrac). La réalité des productions de plus petite taille est bien différente de celles de plus grande taille où le niveau de production est plus favorable aux investissements dans les équipements et le contrôle afin d'assurer un minimum de qualité dans les pratiques de production. Le Tableau 6 montre l'effet de la taille de l'entreprise sur la détérioration microbienne du sirop à l'entreposage. La taille moyenne des entreprises estimée par la quantité (lbs) de sirop livrée en vrac pour les barils sans détérioration microbienne est supérieure et se situe à 75078 lbs comparativement à 55732 lbs pour les barils avec détérioration microbienne. De tous les barils provenant d'entreprises de petite taille (3412 barils), près du tiers de ces barils présentaient une détérioration microbienne comparativement à 11,4% pour les entreprises de plus grandes tailles. Il apparaît donc qu'une proportion importante de barils ayant subi une détérioration microbienne à l'entreposage provient d'entreprises de taille inférieure. Ce constat met donc l'emphase sur le besoin de sensibiliser cette catégorie d'entreprises à de meilleures pratiques de production ou à considérer différemment ces sirops vis à vis l'entreposage.

Tableau 6. – Résultats de la taille de l'entreprise (quantité livrée en vrac) sur la présence de détérioration microbienne

Présence de détérioration microbienne	Nombre de barils par catégorie d'entreprise	
	Grande ¹	Petite ²
Non	29625 (88,6%)	2313 (67,8%)
Oui	3828 11,4%	1099 (32,2%)
Total	33453	3412

¹ – 10000 lbs et plus de sirop livré en vrac

² – moins de 10000 lbs de sirop livré en vrac

Plusieurs **types de barils** sont présentement disponibles pour l'entreposage du sirop d'érable en vrac. Ces types de barils diffèrent par leur conception et les matériaux avec lesquels ils sont fabriqués. Ces différences pourraient engendrer des propriétés différentes vis à vis la stabilité du sirop d'érable à l'entreposage. Le Tableau 7 montrent les résultats obtenus pour les principaux types de barils en fonction de l'apparition de la détérioration microbienne du sirop à l'entreposage. Selon ces résultats, environ 69% du sirop étudié était entreposé dans 3 types de barils (Morneau, CDL, Métal).

Tableau 7. – Répartition du nombre de barils avec ou sans détérioration microbienne en fonction des principaux types de barils

Types de barils	Tare (lbs)	Nombre de barils	
		Sans détérioration microbienne	Avec détérioration microbienne
Morneau	32	8031 (25%)	2110 (43%)
CDL	34	3600 (11%)	623 (13%)
Métal	44	10564 (33%)	824 (17%)
Autres types	–	9743 (31%)	1370 (28%)

Une proportion cependant importante de sirop avec détérioration microbienne (43%) était entreposée dans le baril Morneau contrairement aux autres types de barils. De toute évidence, le baril Morneau semble montrer une sensibilité accrue aux conditions

d'emballage et d'entreposage défavorables à une bonne conservation du sirop d'érable. Puisqu'à ce jour, les conditions optimales de production ne sont pas appliquées uniformément sur l'ensemble de l'industrie acéricole, les producteurs devraient être prudents dans l'utilisation de ce type de baril afin de limiter la probabilité de détérioration microbienne à l'entreposage.

Conclusion

Les résultats de ce projet ont permis de constater l'importance de différentes variables sur la conservation du sirop d'érable entreposé en barils. Le volet 1 a permis de comparer avec des conditions contrôlées de mise en contenant, l'effet de 4 types de barils et de 2 techniques d'échantillonnage sur la conservation de la couleur et la détérioration microbienne du sirop d'érable. Les résultats obtenus démontrent que la couleur du sirop d'érable à l'entreposage est influencée par le type de baril et que les barils Vulcan et Barinox permettent une meilleure conservation de la couleur comparativement aux barils Morneau et CDL (sacs laminés d'aluminium). Les résultats de ce volet montrent également qu'avec une procédure contrôlée de mise en contenant, il est possible d'obtenir un faible taux de détérioration microbienne du sirop à l'entreposage. Cependant, en procédant à l'échantillonnage du sirop en cours d'entreposage à l'aide de la technique standard, le taux de détérioration microbienne augmente de façon importante (barils Morneau et CDL). Ce taux devient toutefois considérablement réduit lorsque l'échantillonnage se fait à l'aide de l'échantillonneur Morneau.

Le volet 2 de ce projet a permis d'évaluer l'effet de certaines variables de production disponibles de la base de données de classement et d'inspection du sirop d'érable en vrac, sur l'apparition de la détérioration microbienne en cours d'entreposage dans les barils reçus des producteurs. Selon les résultats, le baril Morneau semble plus susceptible aux pratiques défavorables à la conservation du sirop faisant en sorte qu'il est

associé à une proportion importante de sirops présentant une détérioration microbienne. Les résultats obtenus révèlent également l'importance des conditions de mise en contenant sur la détérioration microbienne. Le respect de la concentration minimale en solides solubles de 66°Brix et du niveau de remplissage des barils sont parmi les variables les plus fortement corrélées à la détérioration du sirop d'érable en vrac. De plus, une certaine catégorie de sirops venant d'entreprises de plus petite taille semblent également favoriser la détérioration microbienne du sirop en cours d'entreposage.

Suite à ces résultats, l'utilisation du baril Morneau devrait quant à elle être faite avec précautions puisque ce baril semble plus susceptible aux mauvaises pratiques de mise en contenant et d'entreposage présentement rencontrées dans l'industrie. Tant que ces pratiques ne seront pas optimisées, contrôlées et harmonisées pour l'ensemble des producteurs, ce type de barils restera de toutes évidences vulnérable à la détérioration microbienne. Il apparaît également que l'utilisation des barils Vulcan et Barinox permettrait une meilleure conservation de la couleur du sirop à l'entreposage. Dépendamment de l'importance accordée à la couleur, il pourrait être plus ou moins important de considérer ces types de barils pour la conservation du sirop. Il faut cependant considérer que ces types de barils sont destinés à de multiples réutilisations. Ceci les rend vulnérables aux bris durant les multiples manutentions et à la détérioration microbienne du sirop par de mauvaises pratiques d'assainissement. Ces considérations devront être prises en compte dans le choix de ces contenants. Une analyse technico-économique devrait également être réalisée pour les différentes options de barils afin d'appuyer la sélection d'un type de baril en particulier. Les résultats révèlent également que la technique d'échantillonnage présentement utilisée comporte certaines lacunes en regard de la détérioration microbienne à l'entreposage. Cette technique devrait être révisée notamment en s'inspirant du modèle de l'échantillonneur Morneau tout

en considérant l'homogénéité de l'échantillon prélevé. Il apparaît également suite à l'analyse des variables d'inspection et de classification que les pratiques de mise en contenant ont une grande importance sur l'apparition de la détérioration microbienne à l'entreposage. Des efforts importants devraient être entrepris afin d'améliorer et d'harmoniser les conditions de mise en contenants chez les producteurs. Ceci permettrait de s'attaquer à la source du problème de détérioration microbienne à l'entreposage et de contribuer à une amélioration significative de la qualité du sirop d'érable en vrac.

Remerciements

Ce projet de recherche a été financé conjointement par le conseil pour le développement de l'agriculture du Québec d'Agriculture et Agro-alimentaire Canada et par la fédération des producteurs acéricoles du Québec. L'auteur remercie les entreprises *Plastica Morneau Inc.*, *Les équipements d'érablière CDL Inc.*, *Vulcan contenants Ltée* et *Barinox Inc.* pour le prêt de matériel ainsi que les inspecteurs de *CINTECH AA* pour l'échantillonnage et l'analyse.

Références

1. Fennema, O.R. 1985. Water and ice. *Dans Food Chemistry*, 2^{ème} Édition. Marcel Dekker Inc., New York.
2. Frank, H.A. et Willits, C.O. 1961. Maple sirup XVII. Prevention of mold and yeast growth in maple sirup by chemical inhibitors. *Food Technology*, 15 : 1 – 3.
3. Hayward, F.W. 1946. The storage of maple sirup. Bulletin no. 719, New York State Agricultural Experiment Station, Geneva, N.Y.
4. Koelling, M.R., Heilingmann, R.B., Martell, B. et Marckes, H. 1996. Syrup filtration, grading, packing, and handling. *Dans North American Maple Syrup Producers Manual*, Koelling & Heilingmann eds. The Ohio State University.
5. Kissinger, J.C. 1973. Yeasts, fat jugs and hot sirup. *Maple Syrup Digest*, 12 : 13 – 15.
6. Morselli, M.F. et Sendak, P.E. 1980. Maple syrup containers : effect of storage on the stability of three table grades. *Vt. Agr. Exp. Sta. Res. Rep.* 6
7. Morselli, M.F. et Sendak, P.E. 1981. Effect of container and storage temperature on maple syrup quality. *Maple Syrup Journal*, 18 : 18
8. Morselli, M.F. et Whalen, M.L. 1989. Syrup layering and darkening during storage. *Maple Research Monograph No. 11*, Maple Research Laboratory, Department of Botany, University of Vermont, Burlington, Vt.
9. Sendak, P.E., Morselli, M.F. et Bee, D.E. 1978. Storage of U.S. grade AA maple syrup in the retail package. *Journal of Food Science*. 43 : 1002 – 1005
10. Sendak, P.E. 1982. Effect of oxygen, carbon dioxide, and nitrogen on maple syrup stored in plastic jugs. *Journal of Food Science*, 47 : 1741 – 1742
11. Underwood, J.C., Kissinger, J.C., Bell, R.A. et White Jr, J.W. 1974. Color stability of maple sirup in various retail containers. *Journal of Food Science*. 39 : 857 – 858
12. Whalen, M.L., Morselli, M.F. 1984. Fungi associated with pure maple syrup packed at the minimum recommended reheating temperature. *Journal of Food Protection*. 47 : 688 – 699.