



-Information



Forschungsanstalt für Milchwirtschaft,
Liebefeld
CH-3003 Bern

Station fédérale de recherches en
Production végétale, Changins
1260 Nyon

Februar 1999 / 367 P/W

Comparaison de fromages à pâte dure de type Gruyère produits en régions de montagne et de plaine

J.O. Bosset ⁽¹⁾, B. Jeangros ⁽²⁾, T. Berger ⁽¹⁾, U. Bütikofer ⁽¹⁾, M. Collomb ⁽¹⁾, R. Gauch ⁽¹⁾,
P. Lavanchy ⁽¹⁾, J. Scehovic ⁽²⁾, J. Troxler ⁽²⁾ et R. Sieber ⁽¹⁾

Revue suisse Agric. 31, (1), 17-22 (1999)

Hartkäse Typ Gruyère des Berg- und Talgebietes im Vergleich

J.O. Bosset ⁽¹⁾, T. Berger ⁽¹⁾, U. Bütikofer ⁽¹⁾, M. Collomb ⁽¹⁾,
R. Gauch ⁽¹⁾, P. Lavanchy ⁽¹⁾, R. Sieber ⁽¹⁾ et B. Jeangros ⁽²⁾

Agrarforschung 5 (8), 363–366 (1998)

Comparaison de fromages à pâte dure de type Gruyère produits en régions de montagne et de plaine

J. O. BOSSET¹, B. JEANGROS², Th. BERGER¹, U. BÜTIKOFER¹, M. COLLOMB¹, R. GAUCH¹, P. LAVANCHY¹, J. SCEHOVIC², J. TROXLER² et R. SIEBER¹

Résumé

Des fromages à pâte dure («L'Etivaz» et «Gruyère») ont été fabriqués pendant un estivage (de début juin jusqu'à mi-septembre 1995) en quatre lieux différents, soit à L'Etivaz (deux lieux, entre 1300 et 2100 m d'altitude), à Montbovon (environ 1000 m) et à Posieux (600 m). Diverses observations et analyses y ont été effectuées: composition botanique des pâturages, composition chimique des herbages, des laits et des crèmes (produits intermédiaires) et des fromages (produits finis), ainsi que des analyses sensorielles et rhéologiques de ces derniers après 8-9 mois d'affinage. Si les herbages se différencient de façon significative quant à leur composition botanique, les procédés de fabrication ont été les mêmes, à l'exception du chauffage du lait (sur feu de bois ouvert à L'Etivaz, dans des cuves chauffées à la vapeur vive à Montbovon et à Posieux). Toutes les meules (n = 49) ont été affinées de façon identique dans la même cave. Cette étude encore en cours révèle déjà des différences significatives, tant dans la composition chimique (acides gras, triglycérides, éléments en trace, composés volatils – dont des terpènes – et hydrocarbures aromatiques polycycliques) que dans la flaveur desdits produits laitiers, selon qu'ils proviennent de régions de montagne ou de plaine.

Introduction

Dans les régions où les coûts de production sont élevés, telles que les zones de montagne, une des issues possibles pour l'agriculture est de produire des aliments de haute qualité, marqués par les conditions dans lesquelles ils ont été élaborés. Très spécifiques, les propriétés de ces produits peuvent servir à caractériser l'origine et le procédé de fabrication et donc à obtenir une appellation d'origine contrôlée (AOC) ou d'origine protégée (AOP). Il en est ainsi du fromage à pâte dure «L'Etivaz», un représentant typique du fromage de type Gruyère, pour lequel la Coopérative des producteurs de froma-

ges d'alpage de L'Etivaz a déposé une demande d'appellation d'origine contrôlée. Toutes les relations existant entre les caractéristiques des herbages et celles du fromage sont cependant loin d'être connues. Si les herbages temporaires de plaine sont dominés par des graminées et des légumineuses, les pâturages permanents de montagne contiennent des proportions importantes de plantes appartenant à de nombreuses autres familles botaniques, comme les composées et les rosacées par exemple (JEANGROS *et al.*, en préparation). Contrairement aux graminées et aux légumineuses, ces «autres plantes» contiennent souvent des substances issues du métabolisme secondaire, tels des terpènes, susceptibles d'influer sur la qualité du lait et du fromage. Ces composants très spécifiques pourraient être utilisés comme «traceurs» biochimiques ou «marqueurs» pour caractériser l'origine du fromage d'alpage (DUMONT et ADDA,

1978; DUMONT *et al.*, 1981). Ces observations, effectuées sur des fromages d'alpage français, ont été confirmées dans une étude préliminaire (BOSSET *et al.*, 1994) qui a révélé que les teneurs en terpènes et en hydrocarbures aliphatiques étaient plus élevées dans le Gruyère d'alpage fribourgeois et dans L'Etivaz que dans les fromages du même type fabriqués en plaine.

Démarche expérimentale

Afin d'étudier plus en détail les relations existant entre la matière première «herbage» et le produit final «fromage», nous avons choisi quatre lieux de production différents en montagne et en plaine. Des fromages à pâte dure y ont été fabriqués pendant un estivage, à savoir des «L'Etivaz» produits à L'Etivaz (deux lieux, entre 1300 et 2100 m d'altitude) dans le canton de Vaud et

¹ Station fédérale de recherches laitières, Liebefeld (FAM), CH-3003 Berne.

² Station fédérale de recherches en production végétale de Changins (RAC), CH-1260 Nyon.

des «Gruyère» produits à Montbovon (environ 1000 m) et à Posieux (600 m), localités situées dans le canton de Fribourg. L'herbe et le lait ont fait l'objet d'analyses entre le début de juin et la mi-septembre 1995. Quant au fromage, il a été analysé après un affinage de 8 à 9 mois. Les fromages ont été fabriqués selon des procédés de fabrication traditionnels (sur feu de bois ouvert à L'Etivaz et dans des cuves chauffées à la vapeur vive à Montbovon et à Posieux). Toutes les meules (n = 49) ont été affinées de façon identique dans la même cave. Les objectifs de cette étude, la démarche expérimentale, les lieux de production, les conditions météorologiques, les caractéristiques des troupeaux de vaches, les procédés de fabrication utilisés ainsi que les paramètres analysés ont déjà été décrits en détail (JEANGROS *et al.*, 1997a; BOSSET *et al.*, 1997a).

Principaux résultats

Divers résultats issus de ce projet ont déjà été publiés dans la littérature spécialisée: un premier travail traite de la présence des terpènes volatils dans diverses espèces végétales (MARIACA *et al.*, 1997); une deuxième étude démontre que les hydrocarbures aromatiques polycycliques décelés dans les fromages d'alpage proviennent de la fumée des feux de bois (BOSSET *et al.*, 1997b et 1998a); une troisième met en évidence des différences significatives dans la présence de quelques groupes de métabolites secondaires dans les fromages (SCEHOVIC *et al.*, 1998); d'autres

travaux portant sur les compositions botanique et chimique des herbages (JEANGROS *et al.*, en préparation) ainsi que sur la teneur du lait et du fromage en acides gras et en triglycérides (COLLOMB *et al.*, 1998) et en composés terpéniques (BOSSET *et al.*, en préparation) sont en cours de publication. Cet article est une synthèse, plus détaillée que les précédentes (JEANGROS *et al.*, 1997b; BOSSET, 1998; BOSSET *et al.*, 1997c et 1998b), des principaux résultats acquis jusqu'à présent.

Composition botanique variée des herbages

Les alpages de L'Etivaz et de Montbovon offrent une grande richesse floristique, beaucoup plus grande qu'à Posieux (tabl. 1). Les pâturages permanents des trois premiers lieux contiennent en moyenne près de 50 espèces différentes appartenant à une quinzaine de familles botaniques, alors que les herbages temporaires de plaine ne sont constitués que de quelques graminées (dactyle aggloméré, *Dactylis glomerata*; fléole des prés, *Phleum pratense*; fétuque des prés, *Festuca pratensis*; raygrass anglais, *Lolium perenne*) et légumineuses (trèfle violet, *Trifolium pratense*; trèfle blanc, *Trifolium repens*). Dans les pâturages permanents, les familles suivantes sont bien représentées: composées, renonculacées, rosacées, plantaginacées et ombellifères (JEANGROS *et al.*, en préparation; MARIACA *et al.*, 1997). La proportion occupée par ces familles dans la composition botanique augmente avec l'altitude, alors que l'abondance des graminées décroît.

Présence de terpènes dans les plantes

Selon DUMONT et ADDA (1978), qui n'ont décelé des sesquiterpènes que dans le Beaufort d'alpage, l'arôme des fromages de montagne est influencé par la présence de terpènes et de sesquiterpènes. D'après nos analyses, de nombreuses plantes récoltées en montagne contenaient des terpènes volatils, comme le cumin des prés (*Carum carvi*), la grande berce (*Heracleum sphondylium*), la ligustique mutelline (*Ligusticum mutellina*), l'aposeris fétide (*Aposeris foetida*), la fausse pâquerette (*Aster bellidiflorum*), la marguerite (*Leucanthemum vulgare*), la campanule barbue (*Campanula barbata*), l'anthyllide vulnérable (*Anthyllis vulneraria*), le lotier des Alpes (*Lotus alpinus*), le géranium des bois (*Geranium sylvaticum*), le bugle rampant (*Ajuga reptans*), la menthe à longues feuilles (*Mentha longifolia*), la brunelle vulgaire (*Prunella vulgaris*), le plantain des Alpes (*Plantago alpina*), le dactyle aggloméré, la fléole des prés, le rumex à feuilles de gouet (*Rumex alpestris*), la renoncule à feuilles d'aconit (*Ranunculus aconitifolius*), l'alchémille vulgaire (*Alchemilla xanthochlora*), l'alchémille à folioles soudées (*A. conjuncta*), la potentille dressée (*Potentilla erecta*) de même que le gaillet à feuilles inégales (*Galium anisophyllum*).

Parmi les six graminées et légumineuses de plaine analysées, seuls le raygrass anglais et la fléole des prés contenaient un seul terpène en faible concentration. La figure 1 montre la répartition des monoterpènes les plus fréquents dans les différentes espèces végétales. Au total, 54 terpènes volatils ont pu être identifiés au moyen d'une analyse d'effluves par GC-MS + FID (fig. 2) avec l'aide d'une bibliothèque de spectres de masse, de temps de rétention et de substances de référence (MARIACA *et al.*, 1997).

Composition des laits et des crèmes

En analysant les caractéristiques du produit intermédiaire «lait» dans les quatre lieux de production, on a constaté des différences de teneurs en oligoéléments, tels que fer, zinc et manganèse, de même que dans la composition des acides gras et des triglycérides de la graisse de lait (tabl. 2). Par rapport à la graisse des laits de plaine, celle des laits d'alpage présente d'une part une teneur plus élevée en acides gras mono- et poly-insaturés à longues chaînes, de

Tableau 1. Principales caractéristiques botaniques¹ des herbages dans les quatre lieux de production (JEANGROS *et al.*, en préparation).

Lieu de production Altitude (m)	L'Etivaz 1 1400-1920	L'Etivaz 2 1275-2120	Montbovon 900-1250	Posieux 600-650
Nombre d'espèces (n)	49	56	54	6
Nombre de familles botaniques (n)	17	19	18	2
Graminées (%)	41	39	63	53
Cypéracées et joncacées (%)	7	6	1	0
Légumineuses (%)	7	11	7	47
Autres plantes (dicotylédones herbacées) dont:	43	43	27	0
Composées (%)	14	17	6	0
Renonculacées (%)	6	3	6	0
Rosacées (%)	7	5	2	0
Plantaginacées (%)	5	6	2	0
Ombellifères (%)	4	4	2	0
Autres (%)	7	8	9	0
Autres familles (%)	2	1	2	0

¹ Moyenne de l'ensemble des observations pour chaque lieu de production. (%) = proportion dans l'herbage.

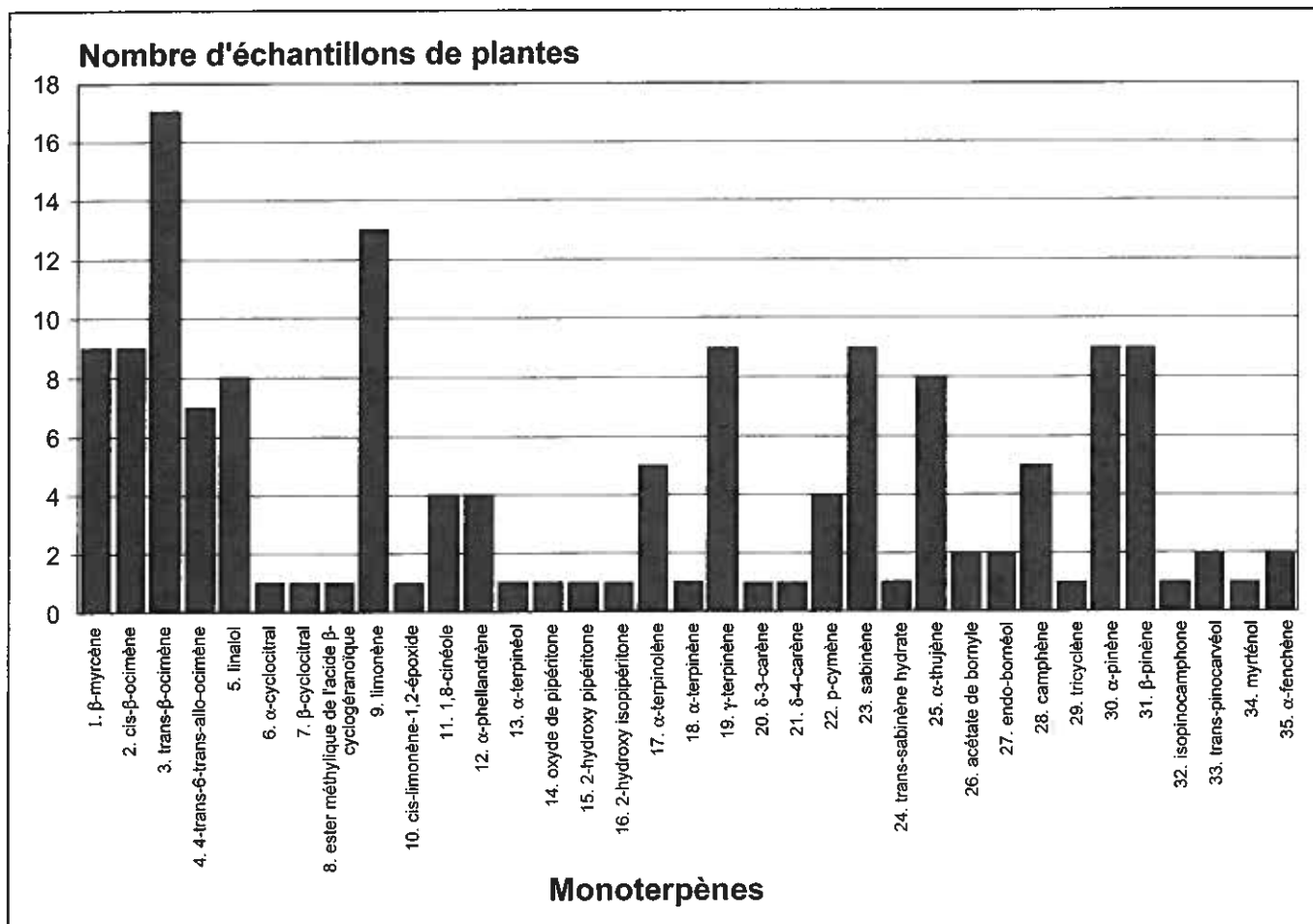


Fig. 1. Répartition des monoterpenes sur l'ensemble des plantes récoltées qui en contenaient (n = 21) (MARIACA *et al.*, 1997).

même qu'en triglycérides à longues chaînes, et d'autre part une teneur plus faible en acides gras saturés à courtes chaînes ainsi qu'en triglycérides à courtes et moyennes chaînes (COLLOMB *et al.*, 1998). Pour des raisons analytiques, ces

composants de la matière grasse ont été étudiés dans la graisse du lait ou de la crème, mais les résultats auraient été les mêmes si ces analyses avaient été effectuées dans les fromages où l'on retrouve ces mêmes composants.

Ces différences de composition de la graisse du lait doivent provenir du type d'affouragement. En effet, les vaches ont été nourries uniquement avec de l'herbe dans les trois lieux de montagne (L'Etivaz et Montbovon), alors qu'elles ont reçu de l'herbe, des plantes entières de maïs et des aliments concentrés à Posieux (JEANGROS *et al.*, 1997a). De semblables différences dans la composition de la graisse du lait lors du passage d'un affouragement sec à un affouragement en vert ont déjà été observées (COLLOMB *et al.*, 1998).

Un autre groupe de substances différencie les laits et les crèmes d'alpage de ceux de plaine. Il s'agit de certains terpènes volatils, dont les α- et β-pinènes, le p-cymène et le limonène (BOSSET *et al.*, en préparation), que l'on rencontre presque uniquement dans les produits laitiers de montagne.

Composition et arôme des fromages

Les fromages fabriqués sur les différents lieux de production se différencient principalement par les métabolites du

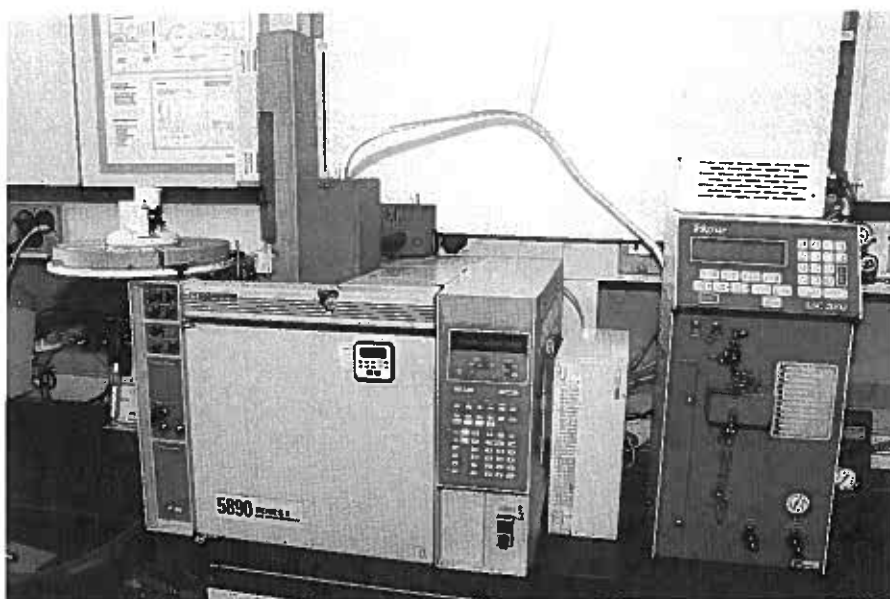


Fig. 2. Vue du dispositif utilisé pour l'extraction, la concentration et l'injection («Purge and trap», à droite) et l'analyse chromatographique en phase gazeuse (GC-MS + FID, à gauche) des composés volatils.

Tableau 2. Composition chimique des laits et de la graisse de lait (BOSSET *et al.*, 1997c; COLLOMB *et al.*, 1998).

Paramètre	Lieu (n)	L'Etivaz 1		L'Etivaz 2		Montbovon		Posieux	
		(11)		(13)		(12)		(13)	
		\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x
Zinc (mg/kg)		3,51 ^B	0,28	3,39 ^B	0,34	3,13 ^A	0,12	3,13 ^A	0,34
Manganèse (mg/kg)		21,1 ^B	6,6	19,8 ^{AB}	3,9	21,1 ^B	4,8	15,1 ^A	2,4
Fer (µg/kg)		210,6 ^B	43,0	184,1 ^B	39,3	202,0 ^B	43,9	149,0 ^A	39,8
Acide caproïque (%)		2,21 ^A	0,16	2,28 ^A	0,11	2,27 ^A	0,10	2,62 ^B	0,14
Acide caprylique (%)		1,19 ^A	0,11	1,22 ^A	0,09	1,20 ^A	0,10	1,44 ^B	0,11
Acide caprique (%)		2,42 ^A	0,30	2,44 ^A	0,24	2,34 ^A	0,23	2,95 ^B	0,30
Acide laurique (%)		2,74 ^A	0,32	2,70 ^A	0,24	2,65 ^A	0,24	3,30 ^B	0,40
Acide myristique (%)		9,82 ^A	0,70	9,58 ^A	0,49	9,42 ^A	0,44	10,77 ^B	0,70
Acide palmitique (%)		24,8 ^A	1,2	25,2 ^A	1,1	25,2 ^A	0,6	28,4 ^B	1,3
Acide stéarique (%)		10,6 ^A	0,9	10,7 ^{AB}	1,0	12,1 ^B	0,6	11,1 ^B	0,9
Acide oléique (%)		29,3 ^B	1,8	29,1 ^B	1,3	29,2 ^B	1,1	24,1 ^A	1,7
Acide linoléique (%)		2,56 ^C	0,22	2,92 ^D	0,24	2,33 ^B	0,10	1,92 ^A	0,23
Acide linoléique (%)		1,51 ^B	0,19	1,58 ^B	0,25	1,07 ^A	0,07	1,01 ^A	0,23
Acide arachidonique (%)		0,10 ^A	0,0	0,11 ^A	0,03	0,17 ^B	0,05	0,13 ^A	0,05
TG 34 (%)		5,08 ^A	0,42	5,06 ^A	0,37	5,13 ^A	0,30	6,23 ^B	0,49
TG 36 (%)		9,74 ^A	0,42	9,70 ^A	0,39	9,89 ^A	0,35	11,56 ^B	0,60
TG 50 (%)		12,4 ^B	0,8	12,2 ^B	0,65	11,8 ^B	0,37	10,5 ^A	0,57
TG 52 (%)		12,6 ^B	1,25	12,8 ^B	0,97	12,6 ^B	0,92	9,6 ^A	1,23
TG 54 (%)		7,48 ^B	0,93	7,78 ^B	0,84	7,64 ^B	0,73	4,83 ^A	0,87

\bar{x} = valeur moyenne; s_x = écart type.

% = pour-cent de la somme de tous les acides gras libres (définis comme esters méthyliques des acides gras) ou de tous les glycérides.

TGn = triglycérides avec n atomes de carbone dans les chaînes latérales.

Pour un paramètre donné, les moyennes suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes (P = 0,05).

type acide acétique et acide formique, de même que par la somme des acides aminés libres (tabl. 3). D'autres différences ont été constatées au niveau de certains groupes de substances comme les phénols solubles, divers composés volatils (éthers, esters phénoliques, acétaldéhyde, composés soufrés), ainsi que divers aldéhydes et terpènes non volatils (SCEHOVIC *et al.*, 1998). Par ailleurs, le procédé de chauffage utilisé explique la présence de certains hydrocarbures aromatiques polycycliques caractéristiques tels que l'anthracène, le

phénanthrène et le pyrène qui proviennent de la fumée du feu ouvert. Ces composés n'ont pas été décelés dans les fromages fabriqués à Montbovon et à Posieux, fromages dont le lait avait été chauffé à la vapeur vive (BOSSET *et al.*, 1997b et 1998a). L'étude de ces composés a fait l'objet d'une étude préliminaire (DAFFLON *et al.*, 1995). D'autres composés volatils, dont les teneurs diffèrent de façon significative entre les fromages (et les crèmes) d'alpage et de plaine, ont deux origines différentes:

– Les terpènes (α - et β -pinènes, p-cymène et limonène) ainsi que quelques hydrocarbures aliphatiques non ramifiés (BOSSET *et al.*, en préparation) présents en proportions comparables dans les laits, les crèmes et les fromages mûrs de montagne, mais quasi absents dans les produits laitiers correspondants de plaine, peuvent être attribués avec une très grande probabilité à la composition botanique des fourrages consommés par les vaches dans les régions de montagne (tabl. 4).

Tableau 3. Paramètres chimiques et sensoriels des fromages (BOSSET *et al.*, 1997c).

Paramètre	Lieu (n)	L'Etivaz 1		L'Etivaz 2		Montbovon		Posieux	
		(11)		(13)		(12)		(13)	
		\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x
Acide acétique (mmol/kg)		22,4 ^B	3,80	18,2 ^B	5,25	34,7 ^C	9,38	6,4 ^A	1,34
Acide formique (mmol/kg)		2,52 ^C	0,46	1,85 ^B	0,61	1,77 ^B	0,55	0,98 ^A	0,40
Somme des acides aminés libres (g/kg)		49,7 ^{BC}	3,22	49,2 ^B	4,69	53,9 ^C	4,15	40,7 ^A	7,71
Intensité olfactive (7 P)		3,71 ^B	0,21	3,51 ^{AB}	0,31	3,53 ^{AB}	0,37	3,26 ^A	0,18
Odeur animale (% J.D.)		73 ^B	47	62 ^B	51	42 ^A	51	8 ^A	28
Intensité gustative (7 P)		4,11 ^B	0,28	4,11 ^B	0,34	4,01 ^{AB}	0,41	3,61 ^A	0,25
Goût animal (% J.D.)		82 ^B	40	62 ^B	51	67 ^B	49	23 ^A	44
Salé (7 P)		3,77 ^B	0,37	3,62 ^A	0,33	3,47 ^A	0,37	3,21 ^A	0,40
Sucré (7 P)		1,78 ^A	0,21	1,82 ^{AB}	0,17	2,44 ^C	0,37	1,95 ^B	0,21
Acide (7 P)		3,16 ^B	0,19	3,15 ^B	0,19	2,87 ^A	0,28	2,94 ^{AB}	0,35
Piquant (% J.D.)		73 ^B	47	54 ^B	52	42 ^A	51	15 ^A	38

7 P = échelle à 7 points avec 1 = valeur la plus basse et 7 = valeur la plus élevée pour le goût et l'odeur.

J.D. = jury de dégustation, pourcentage de réponses positives.

Pour un paramètre donné, les moyennes suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes (P = 0,05).

Tableau 4. Composés volatils des fromages (hauteur des pics, unités arbitraires) obtenus au moyen d'une analyse discriminante en retour (BOSSET *et al.*, 1997c).

Composé	Lieu (n)	L'Etivaz 1		L'Etivaz 2		Montbovon		Posieux	
		(11)		(13)		(12)		(13)	
		\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x
2-Butanol		6900 C	7450	1180 B	1410	253 A	250	369 A	1027
Benzène		287 B	139	365 AB	193	167 A	102	143 A	77
Heptane		319 A	79	333 A	62	282 A	161	302 A	89
2-méthyle-1-butanol		568 B	244	704 AB	466	3490 C	1500	234 A	74
Hexanal		946 A	361	1400 A	443	1260 A	827	2010 A	870
(E)-3-Octène		492 A	170	867 B	255	861 B	244	1420 B	823
Octane		513 A	118	517 A	71	539 A	167	566 A	170
α -pinène		2110 C	1410	1330 C	478	590 B	266	n.d. ^A	
β -pinène		3280 C	3980	1100 C	1480	194 B	103	n.d. ^A	
p-cymène		170 B	125	95 A	74	94 AB	43	n.d. ^A	
Limonène		235 AB	224	197 AB	116	84 AB	58	n.d. ^A	

n.d. = non décelable.

Pour un paramètre donné, les moyennes suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes ($P = 0,05$).

– Les alcools ainsi que d'autres composés (notamment insaturés) mis en évidence dans les fromages d'alpage peuvent être attribués à la flore microbienne du lait cru utilisé et aux levains repiqués dans les fromageries d'alpage sur du petit-lait gras mûri (tabl. 4).

Les fromages produits à L'Etivaz ont été jugés par le jury de dégustation accrédité de la FAM comme plus intenses en goût et en odeur que ceux produits à Posieux (tabl. 3). Ils sont plus « piquant » et plus « animal », ainsi que légèrement plus « salé » et plus « acide ». Ces différences de goût et d'odeur peuvent s'expliquer par de nombreux facteurs chimiques, biochimiques, microbiologiques et technologiques.

Conclusions

- Les vaches qui broutent sur des pâturages de montagne riches en autres plantes (composées, rosacées, plantaginacées, etc.) produisent des laits et des crèmes contenant des composés chimiques spécifiques tels que des terpènes, notamment les α - et β -pinènes, le p-cymène et le limonène. On observe en outre, au niveau des fromages, des différences de teneur en certains oligoéléments et en métabolites secondaires comme des aldéhydes et des terpènes non volatils supérieurs. Tous ces composés sont probablement d'origine végétale et passent au travers de la filière plantes → vache → lait et crème → fromage affiné. On peut parler de « traceurs » botaniques.
- D'autres différences, en particulier au niveau des autres composés volatils et des acides aminés libres, ont

sans doute d'autres origines: la manière de faire du fromager, la flore du lait cru et les levains produits sur place, etc. Ces autres composés volatils pourraient donc être considérés comme des « traceurs » de fabrication ou de technologie.

- L'affouragement extensif des vaches sur les alpages (pas d'aliments concentrés) provoque en outre, par rapport aux conditions d'alimentation plus intensive de plaine, des différences de composition de la matière grasse, notamment en acides gras saturés et insaturés, ainsi qu'en triglycérides à courtes, moyennes et longues chaînes.
- En raison de leur fabrication sur un feu de bois ouvert, les fromages d'alpage contiennent également des hydrocarbures aromatiques polycycliques tels que l'antracène, le phénanthrène et le pyrène. Ces constituants, caractéristiques de la fumée qui imprègne le lait de cuve et par conséquent le fromage, peuvent être considérés comme d'autres « traceurs » de fabrication ou de technologie.
- Toutes ces différences se traduisent en fin de compte sur le plan sensoriel: les fromages de montagne ont été jugés comme plus intenses quant à leur goût et à leur odeur. Ils sont plus « animal » et plus « piquant », de même que légèrement plus « salé » et plus « acide » que les fromages de plaine.
- Ces différences pourraient être utilisées pour caractériser les produits laitiers d'alpage (lait, crème, yoghourt et fromage) pour lesquels on souhaite obtenir une appellation d'origine (AOC/AOP) « montagne ».

Bibliographie

- BOSSET J. O., BÜTIKOFER U., GAUCH R., SIEBER R., 1994. Caractérisation de fromages d'alpages subalpins suisses: mise en évidence par GC-MS de terpènes et d'hydrocarbures aliphatiques lors de l'analyse par «Purge and Trap» des arômes volatils de ces fromages. *Schweiz. Milchw. Forsch.* 23, 37-41.
- BOSSET J. O., BÜTIKOFER U., GAUCH R., MARIACA R., PAUCHARD J.-P., SIEBER R., JEANGROS B., CONOD D., TROXLER J., SCEHOVIC J., 1997a. Vorstellung der Studie: Einfluss von Gras auf L'Etivaz- und Gruyère-Käse. *Agrarforschung* 4 (2), 79-82.
- BOSSET J. O., BÜTIKOFER U., SIEBER R., DAFFLON O., KOCH H., SCHEURER L., 1997b. Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in Käse. *Agrarforschung* 4 (10), 411-414.
- BOSSET J. O., BERGER T., BÜHLER-MOOR U., BÜTIKOFER U., COLLOMB M., DAFFLON O., GAUCH R., JEANGROS B., LAVANCHY P., MARIACA R., SCEHOVIC J., SIEBER R., TROXLER J., 1997c. Comparison of some highland and lowland Gruyère-type cheese of Switzerland: a study of their potential PDO/AOC/AOP characteristics. Authenticity and Adulteration of Food – the Analytical approach. Proceedings of Euro Food Chem. IX, Vol. 2, FECS-Event N° 220, 395-400.
- BOSSET J. O., BÜTIKOFER U., DAFFLON O., KOCH H., SCHEURER L., SIEBER R., 1998a. Teneur en hydrocarbures aromatiques polycycliques de fromages avec et sans flaveur de fumée. *Sci. Alim.*, sous presse.
- BOSSET J. O., BÜTIKOFER U., GAUCH R., MARIACA R., PAUCHARD J.-P., SIEBER R., JEANGROS B., TROXLER J., CONOD D., SCEHOVIC J., 1998b. Relations entre les caractéristiques des herbages et celles des fromages. *Montagna* 1998 (1/2), 35-37.
- BOSSET J. O., 1998. Les fromages de montagne – une belle histoire de flore. *Montagna* 1998 (3), 28-29.
- COLLOMB M., BÜTIKOFER U., SPAHNI M., JEANGROS B., BOSSET J. O., 1998. Composition en acides gras et en glycérides de la graisse de lait de vache en zones de montagne et de plaine. *Sci. Alim.*, sous presse.
- DAFFLON O., GOBET H., KOCH H., BOSSET J. O., 1995. Le dosage des hydrocarbures aromatiques polycycliques dans le poisson, les produits carnés et le fromage par chromatographie liquide à haute performance. *Trav. chim. aliment. hyg.* 86, 534-555.
- DUMONT J. P., ADDA J., 1978. Occurrence of sesquiterpènes in mountain cheese volatiles. *J. Agric. Food Chem.* 26, 364-367.

DUMONT J. P., ADDA J., ROUSSEAU P., 1981. Exemple de variation de l'arôme à l'intérieur d'un même type de fromage: le Comté. *Lebensm.-Wiss.-Technol.* 14, 198-202.

JEANGROS B., CONOD D., SCEHOVIC J., TROXLER J., BOSSET J. O., BÜTIKOFER U., GAUCH R., MARIACA R., PAUCHARD J.-P., SIEBER R., 1997a. Etude des relations entre les caractéristiques des herbages et celles du lait, de la crème et du fromage de type L'Etivaz ou Gruyère. I. Présentation du projet. *Revue suisse Agric.* 29 (1), 23-34.

JEANGROS B., TROXLER J., CONOD D., SCEHOVIC J., BOSSET J. O., BÜTIKOFER U., GAUCH R., MARIACA R., PAUCHARD J.-P., SIEBER R., 1997b. Relations entre les caractéristiques de l'herbe et celles du fromage. Présentation et premiers résultats d'une étude pluridisciplinaire. *Fourrages* 152, 437-443.

MARIACA R., BERGER T., GAUCH R., IMHOF M., JEANGROS B., BOSSET J. O., 1997. Occurrence of volatile mono- and sesquiterpenoids in highland and lowland plant species as possible precursors for flavor compounds in milk and dairy products. *J. Food Agric. Chem.* 45, 4423-4434.

SCEHOVIC J., JEANGROS B., TROXLER J., BOSSET J. O., 1998. Effets de la composition botanique des herbages pâturés sur quelques composants des fromages de type L'Etivaz ou Gruyère. *Revue suisse Agric.* 30 (4), 167-171.

Zusammenfassung

Hartkäse Typ Gruyère des Berg- und Talgebietes im Vergleich

Hartkäse vom Typ Gruyère wurde an vier unterschiedlichen Produktionsorten während des Sommers 1995 (anfangs Juni bis Mitte September) hergestellt: L'Etivaz-Käse von zwei verschiedenen Orten in L'Etivaz (1300-2100 m ü. M.) sowie Gruyère-Käse von Montbovon (ungefähr 1000 m ü. M.) und Posieux (600 m ü. M.). Verschiedene Beobachtungen und Untersuchungen wurden an jedem Standort durchgeführt: botanische Zusammensetzung der Weiden, chemische Zusammensetzung des Wiesenfutters, der Milch und des Rahmes (Zwischenprodukte) sowie des Käses (Endprodukt) nach einer Reifungszeit von 8-9 Monaten wie auch sensorische und rheologische Eigenschaften der reifen Käse. Die botanische Zusammensetzung der Weiden unterschied sich deutlich, die Verfahren der Käseherstellung waren aber dieselben mit der Ausnahme der Erhitzung der Milch (offenes Feuer in L'Etivaz, mit Dampf erhitzte Kessi in Montbovon und Posieux). Sämtliche Käseläbe (n = 49) wurden unter identischen Bedingungen im gleichen Keller gereift. Diese Arbeit zeigt verschiedene statistisch signifikante Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung der Fettsäuren, Triglyzeride, Spurenelemente und der flüchtigen Verbindungen wie Terpene, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe sowie im Geruch und Geschmack zwischen den Milchprodukten des Berg- und Talgebietes.

Summary

Comparison of Swiss hard cheese Gruyère-type produced in highland and lowland

This study compares the specificity and characteristics of two Swiss hard cheese varieties manufactured at different altitudes: i) L'Etivaz cheese manufactured at L'Etivaz with two production sites (1300-2100 m a.s.l.); ii) Gruyère cheese manufactured at Montbovon (approximately 1000 m) and at Posieux (600 m). These four production sites were studied during the summer 1995, from the beginning of June until mid-September. Numerous observations were carried out at each site: botanical composition of the pastures, chemical composition of the grass and chemical composition of milk, cream and cheese which was ripened over 8-9 months, as well as sensory and rheology properties of cheese. The botanical composition was markedly different but the cheese production methods were similar, except for milk heating (with open log fire producing some smoke in L'Etivaz or in steam heated vats in Montbovon and Posieux). All cheese loaves (n = 49) matured in the same ripening cellar under identical conditions. This study clearly highlights numerous differences of composition (fatty acids, triglycerides, trace elements, volatile components including terpenoids, polyaromatic hydrocarbons) as well as flavour between highland and lowland milk products.

Key words: highland, lowland, cheese, Swiss Gruyère cheese type, AOC, AOP, PDO.

Hartkäse Typ Gruyère des Berg- und Talgebietes im Vergleich

Jacques Olivier BOSSET, Thomas BERGER, Ulrich BÜTIKOFER, Marius COLLOMB, Roland GAUCH, Pierre LAVANCHY und Robert SIEBER, Eidgenössische Forschungsanstalt für Milchwirtschaft, Liebefeld (FAM), CH-3003 Bern

Bernard JEANGROS, Station fédérale de recherches en production végétale de Changins (RAC), CH-1260 Nyon

Hartkäse vom Typ Gruyère wurde an vier unterschiedlichen Produktionsorten während des Sommers 1995 (anfangs Juni bis Mitte September) hergestellt: L'Étivaz-Käse von zwei verschiedenen Orten (L'Étivaz 1 und L'Étivaz 2, 1300-2100 m ü. M.) sowie Gruyère-Käse von Montbovon (1000 m ü. M.) und Posieux (600 m ü. M.). Diese Arbeit zeigt verschiedene statistisch signifikante Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung der Fettsäuren, Triglyzeride, Spurenelemente und den flüchtigen Verbindungen wie Terpene, polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe sowie im Geruch und Geschmack zwischen den Milchprodukten des Berg- und Talgebietes.

In Gegenden mit hohen Produktionskosten ist die Landwirtschaft bestrebt, Lebensmittel von hoher Qualität zu produzieren. Diese Produkte können aufgrund ihrer spezifischen Eigenschaften, welche die Herkunft und Herstellungsverfahren charakterisieren, mit einem Label versehen werden. In solch eng umschriebenen Gebieten können beispielsweise Rahm, Butter, Joghurt und Käse die Kennzeichnung der Geschützten Ursprungsbezeichnung oder Geschützten Geographischen Angabe erhalten (GUB oder GGA, im Französischen bezeichnet als Appellation d'origine contrôlée, AOC oder Appellation d'origine protégée, AOP). Für den Hartkäse L'Étivaz, einem typischen Vertreter des Käsetyps Gruyère, sind Bestrebungen im Gang, ein solches Label zu erlangen. Doch sind bei diesem Käse die Beziehungen zwischen der Zusammensetzung des Wiesenfutters und dem Käse noch ungenügend bekannt. Das Gras auf den Alpweiden weist eine sehr vielfältige botanische Zusammensetzung wie auch das Vorkommen von sekundären Pflanzeninhaltsstoffen auf, welche die Qualität von Milch und auch des Käses beeinflussen können. Dabei sind die Alpweiden reich an Kräutern, während im Talgebiet die Gräser und die Leguminosen vorherrschen (Jeangros *et al.* 1998). In den Pflanzen sind als Produkte des sekundären Stoffwechsels Terpene vorhanden, die als mögliche biochemische Indikatoren oder Marker zur Charakterisierung von Bergkäse genutzt werden können (Dumont und Adda 1978; Dumont *et al.* 1981). Diese an französischen Bergkäsen gewonnenen Resultate konnten in einer früheren Studie (Bosset *et al.* 1994) bestätigt werden, in-

dem ein stärkeres Vorkommen von Terpenen und aliphatischen Kohlenwasserstoffen in Alpgruyère des Freiburgerlandes und in L'Étivaz-Käse nachgewiesen wurde als in den Gruyère-Käsen des Talgebietes.

Um die Fragen der Beziehung zwischen dem Ausgangsprodukt Gras und dem Endprodukt Käse eingehender zu studieren, haben wir vier Standorte im Berg- und Talgebiet ausgewählt: L'Étivaz (Pays d'Enhaut, Kanton Waadt), wo an zwei Produktionsorten (nachstehend als L'Étivaz 1 und 2 bezeichnet) in einer Höhe von 1300 bis 2100 m ü.M. L'Étivaz-Käse produziert wurde, sowie Montbovon (1000 m ü.M.) und Posieux (600 m ü.M., beide Kanton Freiburg), wo Gruyère-Käse hergestellt wurde. Gras und Milch wurde zwischen Anfang Juni bis Mitte September 1995 untersucht, Käse nach einer Reifungszeit von acht bis neun Monaten. Dabei wurden die Käse nach traditionellem Herstellungsverfahren produziert: über offenem Feuer in L'Étivaz und in dampferhitztem Kessi in Montbovon und Posieux. Sämtliche Käselaike (n = 49) konnten im gleichen Reifungskeller unter identischen Bedingungen gelagert und gereift werden. Die Ziele dieser Studie, deren Versuchsanordnung, die ausgewählten Produktionsorte, die meteorologischen Bedingungen, die Eigenschaften der Weiden und Kuhherden, die angewendeten Verfahren zur Käseherstellung wie auch die zur Analyse ausgewählten Parameter sind bereits detailliert beschrieben: Bosset *et al.* 1997a; Jeangros *et al.* 1997.

Verschiedene Resultate zu diesem Projekt sind inzwischen in der Fachliteratur publiziert. In einer ersten Arbeit wurde das

Vorkommen der Terpene in verschiedenen Pflanzenarten beschrieben (Mariaca *et al.* 1997). Eine weitere Arbeit zeigte, dass die in den Alpkäsen nachgewiesenen polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe aus dem Rauch stammen (Bosset *et al.* 1997b und 1998). Weitere Arbeiten sind im Druck, so zur botanischen und chemischen Zusammensetzung des Wiesenfutters (Jeangros *et al.* 1998), zum Einfluss der botanischen Zusammensetzung auf einige Verbindungen im Käse (Schehovic *et al.* 1998) sowie zur Zusammensetzung der Milch und der Käse an Fettsäuren und Triglyzeriden (Collomb *et al.* 1998). In dieser vorliegenden Arbeit werden die wichtigsten Resultate dieses Projektes zusammenfassend dargestellt.

Vielfältige Zusammensetzung der Weiden

Aufgrund der pflanzenbaulichen Massnahmen ist zu erwarten, dass die Struktur der Weiden zwischen dem Tal- und dem Berggebiet unterschiedlich sind. Bei den beiden Produktionsorten L'Étivaz 1 und 2 sowie Montbovon wurden eine deutlich höhere Vielfalt an Pflanzen in den untersuchten Wiesen und Weiden nachgewiesen als in Posieux (Tab. 1). Dabei herrschten dort vor allem Kräuter vor, während im Talgebiet praktisch nur Gräser und Leguminosen vorkamen. Unter den Pflanzen des Berggebietes konnten Vertreter folgender Kräuterfamilien nachgewiesen werden (Jeangros *et al.* 1998; Mariaca *et al.* 1997): Korbblütler, Dolden-, Glockenblumen-, Storchschnabel-, Wegerich-, Hahnenfuss-, Rosengewächse und andere. Von diesen verschiedenen Pflanzen sind jedoch einige für die Kühe nicht schmackhaft und werden von ihnen nach Möglichkeit gemieden. Bei den Pflanzen des Talgebietes handelt es sich um Vertreter der Leguminosen (*Trifolium pratense* = Rotklee, *Trifolium repens* = Weissklee) und der Gräser (*Dactylis glomerata* = Knäulgras, *Phleum pratense* = Timothee, *Festuca pratensis* = Wiesenschwingel,

Tab. 1. Botanische Zusammensetzung¹ der Wiesen und Weiden in den vier Produktionsorten (Jeangros *et al.* 1998)

Beobachtungsort Höhe m ü.M.		L'Etivaz 1 1400-1920	L'Etivaz 2 1275-2120	Montbovon 900-1250	Posieux 600-650
Anzahl der Arten	n	49	56	54	6
Anzahl der Pflanzenfamilien	n	17	19	18	2
Gräser	%	41	39	63	53
Sauergräser und Simsengewächse	%	7	6	1	0
Leguminosen	%	7	11	7	47
Kräuter	%	43	43	27	0
- Korbbliütler	%	14	17	6	0
- Hahnenfussgewächse	%	6	3	6	0
- Rosengewächse	%	7	5	2	0
- Wegerichgewächse	%	5	6	2	0
- Doldengewächse	%	4	4	2	0
- Andere Kräuterfamilien	%	7	8	9	0
Andere Familien	%	2	1	2	0

¹Die botanische Zusammensetzung wird als Mittelwert der gesamten Beobachtungen an jedem Beobachtungsort angegeben.

Lolium perenne = Englisches Raigras), die von den Kühen gern gefressen werden.

Vorkommen von Terpenen in Pflanzen

Bereits Dumont und Adda (1978) haben Sesquiterpene nur in Beaufort-Käse nachgewiesen, der im Sommer im Berggebiet produziert wurde. Nach Dumont *et al.* (1981) wird das Aroma von Bergkäse durch die Anwesenheit von Terpenen und Sesquiterpenen beeinflusst. Die Untersuchung der gefundenen Pflanzen auf ihren

Gehalt an Terpenen zeigt, dass vor allem verschiedene Pflanzen des Berggebietes reich an diesen sekundären Pflanzeninhaltsstoffen sind, so *Carum carvi* (Echter Kümmel), *Heracleum sphondylium* (Wiesen-Bärenklau), *Ligusticum mutellina* (Alpen-Mutterwurz), *Aposeris foetida* (Stinkender Hainlattich), *Aster bellidistrum* (Alpenmasslieb), *Leucanthemum vulgare* (Wiesen-Margerite), *Campanula barbata* (Bärtige Glockenblume), *Anthyllis vulneraria* (Echter Wundklee), *Lotus alpinus* (Alpen-Schotenklee), *Geranium silvaticum* (Wald-Storchschnabel), *Ajuga*

reptans (Kriechender Günsel), *Mentha longifolia* (Langblättrige Minze), *Prunella vulgaris* (Gewöhnliche Brunelle), *Dactylis glomerata* (Knautgras), *Phleum pratense* (Timothe), *Rumex alpestris* (Aronstabblättriger Ampfer), *Ranunculus acrifolius* (Eisenhutblättriger Hahnenfuss), *Alchemilla xanthochlora* (Gewöhnlicher Frauenmantel) und *conjecta* (Silbermantel), *Potentilla erecta* (Aufrechtes Fingerkraut) sowie *Galium anisophyllum* (Ungleichblättriges Labkraut). Von den sechs oben erwähnten Pflanzen des Talgebietes enthielten jedoch nur Knautgras und Timothe ein einziges Terpen in niedriger Konzentration. Abbildung 1 zeigt die Verteilung der häufigsten Monoterpene, die in den verschiedenen Pflanzenarten gefunden wurden. Es handelt sich dabei um insgesamt 54 flüchtige Terpene, die mit einer automatischen GC/MSD-FID-Analyse unter Zuhilfenahme einer Massenspektren-Bibliothek, von Retentionszeiten und von authentischen Substanzen identifiziert werden konnten (Mariaca *et al.* 1997).

Zusammensetzung der Milch

Bei den verschiedenen Parametern, die in der Milch als Zwischenprodukt untersucht

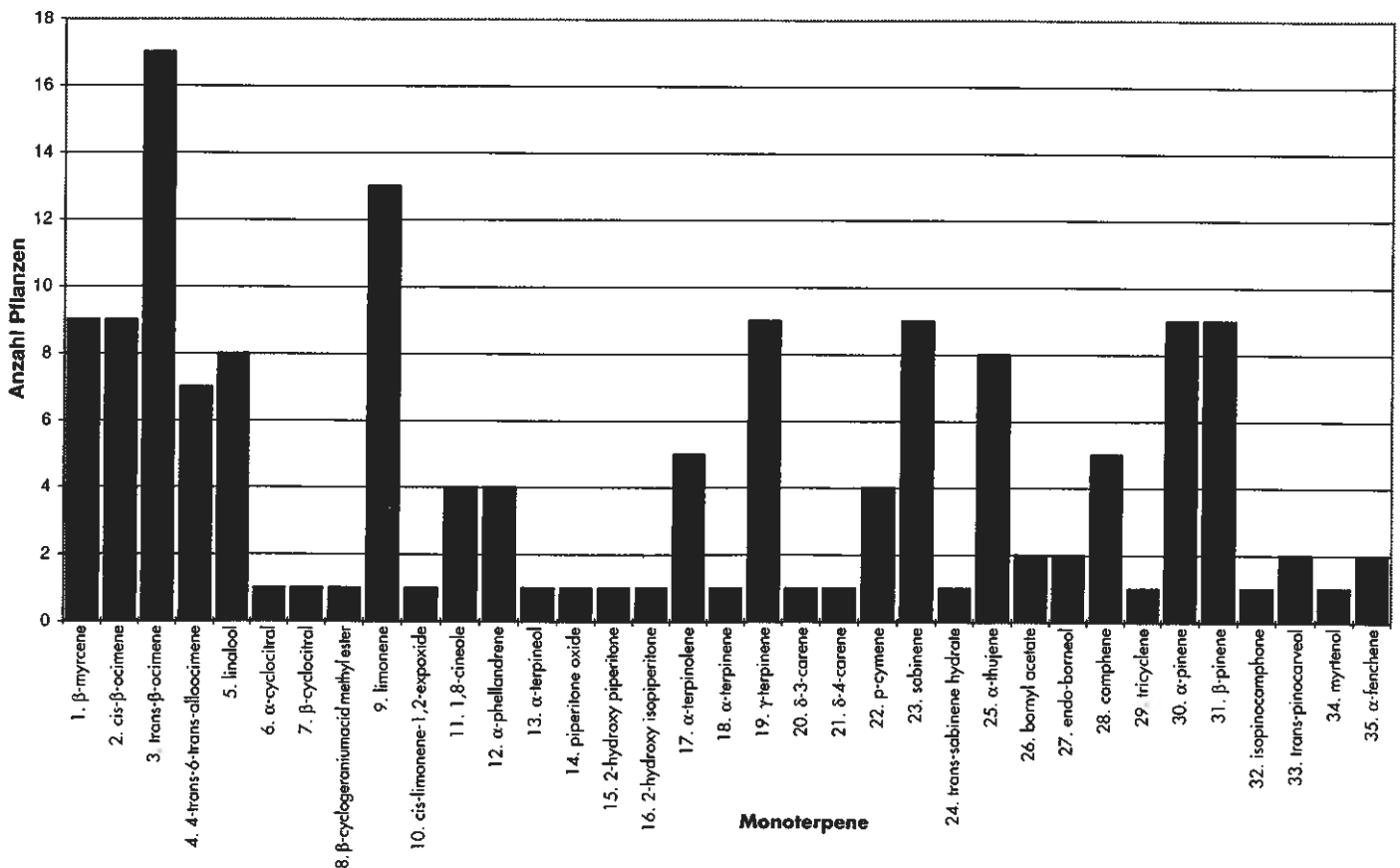


Abb. 1. Verteilung der Monoterpene in sämtlichen gesammelten Pflanzen (n = 21) (Mariaca *et al.* 1997).

wurden, fanden sich an den vier Standorten Unterschiede beim Gehalt an Spurenelementen sowie in der Zusammensetzung der Fettsäuren und der Triglyzeride des Milchfettes (Tab. 2). Im Vergleich mit dem Milchfett des Talgebietes konnte in demjenigen des Berggebietes einerseits ein höherer Gehalt an langkettigen, einfach- und mehrfach-ungesättigten Fettsäuren sowie an langkettigen Triglyzeriden und andererseits ein niedrigerer Gehalt an kurzkettigen, gesättigten Fettsäuren sowie an kurz- und mittelkettigen Triglyzeriden festgestellt werden (Collomb *et al.* 1998).

Diese Unterschiede in der Zusammensetzung des Milchfettes könnten auf der Art der Fütterung beruhen: nur Grünfütterung in den drei Berggebieten - in Posieux dagegen Grünfütterung und ein Gemisch von ganzen Maispflanzen und Kraftfutter (Jean-gros *et al.* 1997). Ähnliche Unterschiede in der Zusammensetzung des Milchfettes beim Wechsel von Dürr- zur Grünfütterung (Berg- ≈ Grünfütterung, Tal- ≈ Dürrfütterung) wurden in der Literatur schon beschrieben (Collomb *et al.* 1998).

Zusammensetzung und Aroma der Käse

Die an den verschiedenen Produktionsorten hergestellten Käse unterscheiden sich voneinander vorwiegend in den Stoffwechselprodukten Essig- und Ameisensäure sowie in der Summe der freien Aminosäuren (Tab. 3). Weitere Unterschiede wurden bei verschiedenen Verbindungen des Käses festgestellt, wie den löslichen Phenolen, den flüchtigen Substanzen (Ether, phenolische Ester, Acetaldehyd, flüchtige schwefelhaltige Verbindungen), den höheren Aldehyden und höheren Terpenen (Scehovic *et al.* 1998). Darüber hinaus lässt sich durch das angewendete Erhitzungsverfahren die Anwesenheit von einigen charakteristischen Verbindungen wie Anthracen, Phenanthren, Pyren erklären (polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, aus dem Rauch des offenen Feuers stammend). Diese Substanzen wurden nicht in den Käsen aus Montbovon und Posieux gefunden, da bei deren Produktion die Milch im Kessi mit heissem Dampf erhitzt wird (Bosset *et al.* 1997b und 1998). Das Vorhandensein dieser Substanzen wurde bereits in einer früheren Arbeit beschrieben (Dafflon *et al.* 1995).

Weitere flüchtige Verbindungen, die sich bei den Berg- und Talkäsen sowie bei den

Tab. 2. Chemische Zusammensetzung der Milch und des Milchfettes (Bosset *et al.* 1997c; Collomb *et al.* 1998) –

Parameter	n=	L'Étivaz 1		L'Étivaz 2		Montbovon		Posieux	
		\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x
Zink	mg/kg	3,51 ^b	0,28	3,39 ^b	0,34	3,13 ^a	0,12	3,13 ^a	0,34
Mangan	mg/kg	21,1 ^b	6,6	19,8 ^{ab}	3,9	21,1 ^b	4,8	15,1 ^a	2,4
Eisen	g/kg	210,6 ^b	43,0	184,1 ^b	39,3	202,0 ^b	43,9	149,0 ^a	39,8
Capronsäure	%	2,21 ^a	0,16	2,28 ^a	0,11	2,27 ^a	0,10	2,62 ^b	0,14
Caprylsäure	%	1,19 ^a	0,11	1,22 ^a	0,09	1,20 ^a	0,10	1,44 ^b	0,11
Caprinsäure	%	2,42 ^a	0,30	2,44 ^a	0,24	2,34 ^a	0,23	2,95 ^b	0,30
Laurinsäure	%	2,74 ^a	0,32	2,70 ^a	0,24	2,65 ^a	0,24	3,30 ^b	0,40
Myristinsäure	%	9,82 ^a	0,70	9,58 ^a	0,49	9,42 ^a	0,44	10,77 ^b	0,70
Palmitinsäure	%	24,8 ^a	1,2	25,2 ^a	1,1	25,2 ^a	0,6	28,4 ^b	1,3
Stearinsäure	%	10,6 ^a	0,9	10,7 ^{ab}	1,0	12,1 ^b	0,6	11,1 ^b	0,9
Ölsäure	%	29,3 ^b	1,8	29,1 ^b	1,3	29,2 ^b	1,1	24,1 ^a	1,7
Linolsäure	%	2,56 ^c	0,22	2,92 ^d	0,24	2,33 ^b	0,10	1,92 ^a	0,23
Linolensäure	%	1,51 ^b	0,19	1,58 ^b	0,25	1,07 ^a	0,07	1,01 ^a	0,23
Arachidonsäure	%	0,10 ^a	0,0	0,11 ^a	0,03	0,17 ^b	0,05	0,13 ^a	0,05
TG 34	%	5,08 ^a	0,42	5,06 ^a	0,37	5,13 ^a	0,30	6,23 ^b	0,49
TG 36	%	9,74 ^a	0,42	9,70 ^a	0,39	9,89 ^a	0,35	11,56 ^b	0,60
TG 50	%	12,4 ^b	0,8	12,2 ^b	0,65	11,8 ^b	0,37	10,5 ^a	0,57
TG 52	%	12,6 ^b	1,25	12,8 ^b	0,97	12,6 ^b	0,92	9,6 ^a	1,23
TG 54	%	7,48 ^b	0,93	7,78 ^b	0,84	7,64 ^b	0,73	4,83 ^a	0,87

Abkürzungen: \bar{x} = Mittelwert; s_x = Standardabweichung; Produktionsorte: A<B<C<D (= signifikant verschieden) oder AB = A und B überlappend; % = Prozent der Summe aller freien Fettsäuren (als Fettsäuremethylester bestimmt); TG = Triglyzeride (Anzahl der Kohlenstoffatome in den Seitenketten); % = Prozent der Summe aller Triglyzeride (Fettzusammensetzung).

Tab. 3. Chemische und sensorische Parameter der Käse (Bosset *et al.* 1997c)

Parameter	n=	L'Étivaz 1		L'Étivaz 2		Montbovon		Posieux	
		\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x
Essigsäure	mmol/kg	22,4 ^b	3,80	18,2 ^b	5,25	34,7 ^c	9,38	6,4 ^a	1,34
Ameisensäure	mmol/kg	2,52 ^c	0,46	1,85 ^b	0,61	1,77 ^b	0,55	0,98 ^a	0,40
Summe der freien Aminosäuren	g/kg	49,7 ^{bc}	3,22	49,2 ^b	4,69	53,9 ^c	4,15	40,7 ^a	7,71
Geruchsintensität	7 P.	3,71 ^b	0,21	3,51 ^{ab}	0,31	3,53 ^a	0,37	3,26 ^a	0,18
tierischer Geruch	% S.P.	73 ^b	47	62 ^b	51	42 ^a	51	8 ^a	28
Geschmacksinten.	7 P.	4,11 ^b	0,28	4,11 ^b	0,34	4,01 ^a	0,41	3,61 ^a	0,25
tierischer Geschm.	% S.P.	82 ^b	40	62 ^b	51	67 ^b	49	23 ^a	44
salzig	7 P.	3,77 ^b	0,37	3,62 ^a	0,33	3,47 ^a	0,37	3,21 ^a	0,40
süss	7 P.	1,78 ^a	0,21	1,82 ^{ab}	0,17	2,44 ^c	0,37	1,95 ^b	0,21
sauer	7 P.	3,16 ^b	0,19	3,15 ^b	0,19	2,87 ^a	0,28	2,94 ^{ab}	0,35
pikant	% S.P.	73 ^b	47	54 ^b	52	42 ^a	51	15 ^a	38

7 P. = 7 Punkte-Sk. (= Skala) mit 1 = tiefster Wert und 7 = höchster Wert für Geschmack und Geruch; S.P. = Sensorikpanel, Anteil positiver Antworten
Produktionsorte: A<B<C<D (= signifikant verschieden) oder AB = A und B überlappend

entsprechenden Rahmproben voneinander signifikant unterscheiden, sind auf zwei unterschiedliche Herkunftswege zurückzuführen: für das Vorkommen der bereits erwähnten Terpene (insbesondere α - und β -Pinen, p-Cymen und Limonen) sind die Pflanzen auf den Alpen verantwortlich und die Produktion von Alkoholen kann der Rohmilchflora wie auch den spezifisch lokal gezüchteten Starterkulturen zugeschrieben werden (Tab. 4). Summarisch können die Geschmacks- und Geruchsunterschiede (Tab. 3) der Käse aus dem Berg- und Talgebiet auf zahlreiche chemische, biochemische, mikrobiologische und technologische Faktoren zurückgeführt werden.

Folgerung

Kühe, die auf botanisch vielfältigen Alpweiden grasen, produzieren eine Milch mit spezifischen chemischen Inhaltsstoffen (Terpene, Kohlenwasserstoffe). Auch die extensive Fütterung im Berggebiet (ohne Kraftfutter) führt gegenüber der intensiven Haltung im Talgebiet zu einer unterschiedlichen Zusammensetzung der Milch (Fettgehalt, Fettsäuren, Triglyzeride, Spurenelemente). Bei der Käseherstellung auf dem offenen Feuer gelangen zusätzlich charakteristische Rauchverbindungen wie zum Beispiel Anthracen, Phenanthren und Pyren zuerst in die Kessimilch und schliesslich in den Käse. Die-

Tab. 4. Flüchtige Verbindungen von Käsen (Peakhöhe, willkürliche Einheiten), **ermittelt mit einer multivariaten Rückwärts-Diskriminanzanalyse** (Bosset et al. 1997c)

flüchtige Verbindung	n=	L'Etivaz 1		L'Etivaz 2		Montbovon		Posieux	
		11	13	12	13	12	13	13	13
		\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x
2-Butanol		6900 ^C	7450	1180 ^B	1410	253 ^A	250	369 ^A	1027
Benzol		287 ^B	139	365 ^{AB}	193	167 ^A	102	143 ^A	77
Heptan		319 ^A	79	333 ^A	62	282 ^A	161	302 ^A	89
2-Methyl-1-butanol		568 ^B	244	704 ^{AB}	466	3490 ^C	1500	234 ^A	74
Hexanal		946 ^A	361	1400 ^A	443	1260 ^A	827	2010 ^A	870
(E)-3-Octen		492 ^A	170	867 ^B	255	861 ^B	244	1420 ^B	823
Octan		513 ^A	118	517 ^A	71	539 ^A	167	566 ^A	170
α -Pinen		2110 ^C	1410	1330 ^C	478	590 ^B	266	n.n. ^A	
β -Pinen		3280 ^C	3980	1100 ^C	1480	194 ^B	103	n.n. ^A	
p-Cymer		170 ^B	125	95 ^A	74	94 ^{AB}	43	n.n. ^A	
Limonen		235 ^{AB}	224	197 ^{AB}	116	84 ^{AB}	58	n.n. ^A	

Abkürzungen: n.n. = nicht nachweisbar.

Produktionsorte: A<B<C<D (= signifikant verschieden) oder AB = A und B überlappend

se Unterschiede können unter anderen für eine Charakterisierung der Geschützten Ursprungsbezeichnung oder Geschützten Geographischen Angabe (GUB / GGA / AOC / AOP) der Milchprodukte (Milch, Rahm, Joghurt und Käse) aus dem Berggebiet herbeigezogen werden. Zusätzliche Unterschiede, insbesondere bei weiteren flüchtigen Verbindungen, lassen sich hauptsächlich auf die leicht unterschiedlichen Herstellungsparameter, die Erfahrung der Käser, die Rohmilchflora sowie die lokal produzierten Impfkulturen zur Käseherstellung auf Fettsirtenbasis und die in diesem Versuch standardisierten Bedingungen im Reifungskeller zurückführen. Die in L'Etivaz hergestellten Käse sind sowohl im Geruch als auch im Geschmack prägnanter und weisen auch bei den Attributen «pikant», «salzig», «säuerlich» und «tierisch» eine intensivere Note auf als die in Posieux hergestellten Käse.

LITERATUR

- Bosset J.O., Bütikofer U., Gauch R. et Sieber R., 1994. Caractérisation de fromages d'alpages subalpains suisses: mise en évidence par GC-MS de terpènes et d'hydrocarbures aliphatiques lors de l'analyse par «Purge and Trap» des arômes volatils de ces fromages. *Schweiz. Milchw. Forsch.* 23, 37-41.
- Bosset J.O., Bütikofer U., Gauch R., Mariaca R., Pauchard J.-P., Sieber R., Jeangros B., Conod D., Troxler J. und Scehovic J., 1997a. Vorstellung der Studie: Einfluss von Gras auf L'Etivaz- und Gruyère-Käse. *Agrarforschung* 4 (2), 101-104.
- Bosset J.O., Bütikofer U., Sieber R., Dafflon O., Koch H. und Scheurer L., 1997b. Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in Käse. *Agrarforschung* 4 (10), 411-414.
- Bosset J.O., Berger T., Bühler-Moor U., Bütikofer U., Collomb M., Dafflon O., Gauch R., Jeangros B., Lavanchy P., Mariaca R., Scehovic J., Sieber R. und Troxler J., 1997c. Comparison of some highland and lowland Gruyère-type cheese of Switzerland: a study

of their potential PDO/AOC/AOP characteristics. Authenticity and Adulteration of Food - the Analytical approach. *Proceedings of Euro Food Chem IX*, Vol 2. FECS-Event No 220, pp. 395-400.

- Bosset J.O., Bütikofer U., Dafflon O., Koch H., Scheurer L. et Sieber R., 1998. Teneur en hydrocarbures aromatiques polycycliques de fromages avec et sans saveur de fumée. *Sci. Alim.*, im Druck.

- Collomb M., Bütikofer U., Spahni M., Jeangros B. et Bosset J.O., 1998. Composition des acides gras et triglycérides dans la graisse de laits de régions de montagne et de plaine, soumis pour publication.

- Dafflon O., Gobet H., Koch H. et Bosset J.O., 1995. Le dosage des hydrocarbures aromatiques polycycliques dans le poisson, les produits carnés et le fromage par chromatographie liquide à haute performance. *Trav. chim. aliment. hyg.* 86, 534-555.

- Dumont J. P. and Adda J., 1978. Occurrence of sesquiterpenes in mountain cheese volatiles. *J. Agric. Food Chem.* 26, 364-367.

- Dumont J.P., Adda J. et Rousseaux P., 1981. Exemple de variation de l'arôme à l'intérieur d'un même type de fromage: Le Comté. *Lebensm.-Wiss. - Technol.* 14, 198-202.

- Jeangros B., Conod D., Scehovic J., Troxler J., Bosset J.O., Bütikofer U., Gauch R., Mariaca R., Pauchard J.-P. et Sieber R., 1997. Etude des relations entre les caractéristiques des herbages et celles du lait, de la crème et du fromage de type Gruyère et L'Etivaz. I. Présentation du projet. *Rev. Suisse Agric.* 29, 23-34.

- Jeangros B., Scehovic J., Troxler J. et Bosset J.O., 1998. Relations entre les caractéristiques des herbages et celles du fromage de type L'Etivaz ou Gruyère. II. Compositions botanique et chimique des herbages. *Rev. Suisse Agric.*, im Druck.

- Mariaca R., Berger T., Gauch R., Imhof M., Jeangros B. et Bosset J.O., 1997. Occurrence of volatile mono- and sesquiterpenoids in highland and lowland plant species as possible precursors for flavour compounds of milk and dairy products. *J. Food Agric. Chem.* 45, 4423-4434.

- Scehovic J., Jeangros B., Troxler J. et Bosset J.O., 1998. Effet de la composition botanique des herbages sur quelques composants des fromages de type L'Etivaz ou Gruyère. *Rev. Suisse Agric.*, im Druck.

RÉSUMÉ

Comparaison de fromages à pâte dure de type Gruyère produits en régions de montagne et de plaine

Des fromages à pâte dure ont été fabriqués pendant un estivage (de début juin à mi-septembre 1995) en 4 lieux différents, soit des „L'Etivaz“ produits sur deux sites (L'Etivaz 1 et L'Etivaz 2, 1300-2100 m d'altitude) et des „Gruyère“ produits à Montbovon (1000 m) et à Grangeneuve/Posieux (600 m). Diverses observations et analyses y ont été effectuées: composition botanique des prairies, composition chimique des herbages, des laits, des crèmes (produits intermédiaires) et des fromages (produits finis) ainsi que des analyses sensorielles et rhéologiques de ces derniers après 8-9 mois d'affinage. Si les prairies se différencient de façon significative quant à leur composition botanique, les procédés de fabrication étaient les mêmes à l'exception du chauffage du lait (sur feu de bois ouvert à L'Etivaz, dans des cuves chauffées à la vapeur vive à Montbovon et Posieux). Toutes les meules (n = 49) ont été affinées de façon identique dans la même cave. Cette étude actuellement en cours révèle des différences significatives tant dans la composition chimique (acides gras, triglycérides, éléments de trace, composés volatils tels que terpènes et hydrocarbures aromatiques polycycliques) que dans la saveur desdits produits laitiers selon qu'ils proviennent de régions de montagne ou de plaine.

SUMMARY

Comparison of Swiss hard cheese Gruyère-type produced in highland and lowland

This study compares the specificity and characteristics of two Swiss hard (Gruyère) cheese varieties manufactured at different altitudes: i) L'Etivaz cheese manufactured at L'Etivaz with 2 production sites (L'Etivaz 1 & L'Etivaz 2, 1300-2100 m); ii) Gruyère cheese manufactured at Montbovon (1000 m) and at Grangeneuve/Posieux (600 m). These four production sites were studied during the summer 1995, from the beginning of June until mid-September. Observations were carried out at each site: botanical composition of the pastures, chemical composition of the grass, chemical composition of milk, cream and cheese which was ripened over 8-9 months, as well as sensory and rheology properties of cheese. The botanical composition was markedly different but the cheese production methods were similar excepted for milk heating (with open log fire producing some smoke in L'Etivaz or in steam heated vats in Montbovon and Posieux). All cheese loaves (n = 49) matured in the same ripening cellar under identical conditions. This study clearly highlights numerous differences of composition (fatty acids, triglycerides, trace elements, volatile components including terpenoids, polyaromatic hydrocarbons) as well as flavour between highland and lowland milk products.

KEY WORDS: highland, lowland, cheese, Swiss Gruyère cheese type, AOC, AOP, PDO