

2m11. 2658.9

Université de Montréal

Perception sensorielle et composition salivaire après l'activité physique

par

Nathalie Durand, Dt.P.

Département de nutrition

Faculté de Médecine

Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures
en vue de l'obtention du grade de
Maître ès sciences (M.Sc.), en nutrition

Décembre 1998



1.82 2.87

QU
145
U58
1999
V.002

Université de Montréal

Perception sensorielle et composition salivaire après l'activité physique

D.S.T.

Nathalie Durand, D.C.P.

Département de Nutrition

Faculté de Médecine

Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures
en vue de l'obtention du grade de
Maître ès sciences (M.Sc.), en nutrition

Décembre 1999



Nathalie Durand, 1999

Page d'identification du jury

Université de Montréal
Faculté des études supérieures

Ce mémoire intitulé :

Perception sensorielle et composition salivaire après l'activité physique

présentée par :

Nathalie Durand

A été évalué par un jury composé des personnes suivantes:

Marielle Ledoux, directeur de projet
Christina Blais, membre du jury
Luc Léger, président rapporteur

Mémoire accepté le : 18 décembre 1998

Sommaire

Ce mémoire explore les domaines de l'activité physique et de l'évaluation sensorielle. Il traite de la modification de la perception des saveurs chez les hommes adultes lors d'une activité physique intense de longue durée ainsi que de l'acceptabilité de boissons pour sportifs par un groupe de consommateurs québécois. Les buts visés sont d'abord de tracer le profil, c'est-à-dire de définir quelles sont les caractéristiques de saveur, texture et apparence d'une boisson pour sportifs dite idéale, pour plaire au consommateur québécois. Ensuite, le projet vise à quantifier l'intensité des saveurs d'une boisson telle qu'elle est perçue par des sportifs et ce, avant et immédiatement après une activité physique intense et prolongée, ici le soccer. Ceci en vue de déterminer s'il existe une différence significative entre la perception des saveurs sucrée et fruitée avant par rapport à après l'activité physique. Un troisième but est fixé, consistant à explorer les facteurs qui pourraient expliquer les différences dans la perception des saveurs suite une activité physique. Les hypothèses de travail découlant de ces buts sont que 1) l'intensité perçue de la saveur sucrée et fruitée dans une boisson pour sportifs est majorée de façon significative immédiatement après une activité physique intense de longue durée; 2) la composition salivaire est modifiée de façon significative après par rapport à avant l'activité physique et cette modification est en corrélation avec la différence dans la perception sensorielle des saveurs et 3) l'apport en eau ou en boisson pour sportifs pendant l'activité physique influence différemment la perception sensorielle suite à l'effort. La méthode expérimentale choisie consiste en deux travaux pratiques. Le profil de la boisson idéale est déterminé en faisant appel à un groupe de trente sportifs québécois qui doivent consommer neuf boissons pour sportif en vente sur le marché de détail au Québec et faire part de leurs commentaires lors de *focus group* dirigés par un spécialiste en marketing. C'est à cette première étape également qu'est tracé le profil de la boisson dite idéale, selon ces sujets. Partant des résultats de cette première application, la boisson définie lors des *focus group* est développée par A. Lassonde Inc., une compagnie québécoise productrice de jus et boissons. Celle-ci est utilisée lors de la deuxième étape, où est recruté un groupe de quatorze hommes âgés de trente cinq ans et plus, en bonne santé et pratiquant une activité physique régulière, en l'occurrence le soccer. La méthode consiste à leur faire consommer une boisson pour sportifs avant et

immédiatement après les joutes de soccer et en leur demandant d'évaluer leur perception de l'intensité de la saveur sucrée et fruitée à chacun de ces moments. Avant chacune des évaluations sensorielles, un échantillon de salive de chaque sujet est prélevé pour en analyser la composition en sodium, chlore, potassium, magnésium, protéines, cortisol, glucose et urée.

Pour la première étude, les résultats du *focus group* révèlent que parmi les neuf boissons évaluées, les marques Gatorade® et Powerade® arrivent au premier rang pour l'acceptabilité générale, telle qu'évaluée par les trente sujets. Les caractéristiques considérées comme les plus importantes sont l'effet désaltérant, la saveur et l'effet énergisant. Finalement, le profil de la boisson idéale se définit comme suit: la boisson doit avoir une couleur pâle et rappeler celle d'un jus et être cohérente avec la saveur. Elle doit contenir un peu de sucre, sans être trop sucrée et seulement du sodium et du potassium. Les substances renommées pour leur effet ergogénique ne sont pas désirées chez ces sujets qui préfèrent que la liste des ingrédients soit la plus courte possible.

Les résultats de l'évaluation de la perception sensorielle versus l'activité physique révèlent que l'intensité de la saveur sucrée et fruitée ne diffère pas de façon significative après par rapport à avant l'activité physique. Toutefois, pendant chaque joute de soccer, les sujets consommaient soit de l'eau soit la boisson développée pour le projet et ce, en alternance à chaque joute. Les analyses montrent que lorsque les sujets consomment de l'eau pendant l'activité physique, la saveur sucrée et fruitée est perçue comme étant moins intense après qu'avant. L'effet inverse est constaté lorsque la boisson est consommée, l'intensité perçue des saveurs étant plus élevée après qu'avant la joute. Du côté de la composition salivaire, les analyses mettent en lumière une augmentation significative des concentrations en sodium, chlore, potassium, protéines, cortisol et urée après comparativement à avant l'activité physique. L'analyse de corrélation entre chacun de ces paramètres et la saveur sucrée et fruitée montre une corrélation négative significative entre le sodium et la saveur sucrée ainsi qu'entre le sodium, le chlore, le magnésium et la saveur fruitée. Les résultats tirés de l'évaluation sensorielle des boissons pour sportifs par les consommateurs québécois permettent de mieux connaître leurs goûts et de développer ainsi une boisson susceptible de leur plaire. Cette boisson pourra être mise en marché par la compagnie A. Lassonde Inc., qui a collaboré à la réalisation de ce projet et au développement de la boisson. Les résultats de l'évaluation de la perception des saveurs suite à l'activité

physique ouvrent une nouvelle avenue de recherche puisque la littérature ne s'était à ce jour pas penchée sur le sujet. La relation trouvée entre le sodium et la perception du sucre peut s'avérer un élément prometteur pour l'alimentation des athlètes. En effet, si la concentration plus élevée en sodium permet une diminution de la perception du sucré, il serait possible d'augmenter la quantité de sodium et de sucre dans une boisson, sans que la boisson ne soit perçue plus sucrée. Ceci permettrait d'augmenter l'apport en glucides chez les athlètes qui en bénéficieraient. L'identification des facteurs responsables de la modulation de la perception sensorielle gustative permettra encore une fois de mieux répondre aux désirs des sportifs, en s'appuyant sur des bases physiologiques éprouvées lors du développement d'une boisson. Plusieurs autres facteurs restent à explorer tels l'influence du niveau d'hydratation et l'intensité de l'effort en relation avec la perception sensorielle gustative.

Table des matières

i) Introduction	1
ii) Revue bibliographique	3
1. Physiologie et nutrition	3
1.1 Hydratation	3
1.2 Digestion	6
1.3 Énergie	7
2. Boissons pour sportifs	15
2.1 Préférence du consommateur	15
2.2 Eau, électrolytes et énergie	17
2.3 Propriétés fonctionnelles	18
3. Salive	20
3.1 Physiologie et composition	20
3.2 Régulation	21
3.2.1 Centres nerveux	21
3.2.2 Nature de la stimulation	22
3.2.3 Flot salivaire	24
3.3 Modifications lors de l'activité physique	24
3.3.1 Protéines, électrolytes et flot salivaire	25
3.3.2 Endorphines et cortisol	26
4. Perception sensorielle gustative	30
4.1 Bases physiologiques	30
4.2 Température, concentration et pH	33
4.3 Flot, composition et stimulation salivaire	34
4.4 Activité physique	37
Résumé	40
iii) Publications	42
Acceptability Ranking and Preferred Characteristics	

of Sports-Type Beverages	43
Sensory Perception and Salivary Composition after Physical Activity	55
Évaluation sensorielle des boissons pour sportifs	73
Perception sensorielle et composition salivaire après l'activité physique	75
v) Conclusion	80
vi) Sources documentaires	81

Liste des tableaux

Publication 1 : Acceptability Ranking and Preferred Characteristics of Sports-Type Beverages.

Table 1 : Selection of the Five Most Important Characteristics out of Twelve Presented	54
Table 1: Intensity of Fruity and Sweet taste Perception Versus Type of Liquid Intake	70
Table II : Correlation Between Salivary Concentration and Sensory Perception . .	72

Publication 2 : Sensory Perception and Salivary Composition after Physical Activity

Table 1 : Selection of the Five Most Important Characteristics out of Twelve Presented	54
Table 1: Intensity of Fruity and Sweet taste Perception Versus Type of Liquid Intake	70
Table II : Correlation Between Salivary Concentration and Sensory Perception . .	72

Discussion :

Tableau 1 : Revue de la composition salivaire lors de l'activité physique	79
---	----

Liste des figures

Revue de littérature:

Figure 1 : Sources énergétiques durant un exercice prolongé à 70% VO₂max. . . . 8

Publication 1 : Acceptability Ranking and Preferred Characteristics of Sports-Type Beverages.

Figure 1 : Acceptability ranking of nine beverages 53

Publication 2 : Sensory Perception and Salivary Composition after Physical Activity

Figure 1 : Sensory Evaluation Questionnaire 69

Figure 2 : Difference in Sensory Perception (Score_{diff.*}) Versus Subject 71

Liste des sigles et abréviations

Sigles :

°C	degré Celcius
g	gramme
g•l	gramme par litre
g•min ⁻¹	gramme par minute
h	heure
kcal•l ⁻¹ , kcal•h ⁻¹ , ...	kilocalories par litre, par heure, ...
kg	kilogramme
kg•h ⁻¹	kilogramme par heure
l	litre
mEq•l ⁻¹	milli équivalent par litre
mOsm•kg ⁻¹	milli osmose par kilogramme
ml	millilitre
#	nombre
%	pourcentage
VO ₂ max	volume maximum d'oxygène
W	Watt
r.p.m.	rotation par minute

Abréviations:

() = abréviations en anglais

ACSM	The American College of Sports Medicine
ANR	Apport nutritionnel recommandé
Cl	Chlore
CRDA (FRDC)	Centre de recherche et de développement sur les aliments (Food Research and Development Center)
CS (SC)	Composition salivaire (Salivary composition)
K	Potassium
Mg	Magnésium
Na	Sodium
(PA)	Physical activity
pH	Concentration en ions hydrogènes
post-AP (post-PA)	Après l'activité physique (after physical activity)
pré-AP (pre-PA)	Avant l'activité physique (before physical activity)
PS (SP)	Perception sensorielle (Sensory perception)
r	Coefficient de corrélation de Pearson
PSS (PSF)	Perception sensorielle de la saveur sucrée (Sensory perception of sweet flavour)
PSF (PFF)	Perception sensorielle de la saveur fruitée (Sensory perception of fruity flavour)
R&D	Recherche et développement
SNS et SNPS	Système nerveux sympathique et système nerveux parasymphatique

Remerciements

J'aimerais tout d'abord remercier les Drs Claude Aubé et Christian Toupin ainsi que madame Jacinthe Fortin de m'avoir permis d'intégrer ce projet dans le cadre de mes activités professionnelles.

La chance d'effectuer ce projet en collaboration m'a été donnée par le Dr Richard Couture (A. Lassonde Inc.) qui ayant répondu promptement "oui" à ma demande m'a lancé sur cette belle avenue... et foutu la trouille !

Merci également au Dr Marielle Ledoux, pour m'avoir accepté comme étudiante, ainsi qu'aux Drs Guy Brisson, Claude Laberge et Edward Farnworth, pour leurs précieux conseils.

Bravo et merci à "mes 40 athlètes", hommes et femmes qui partagez cette passion, cette quête du mieux-être et du dépassement.

Une fleur s'est jointe à l'équipe, toujours prête à m'aider, toujours accueillante et positive: merci Solange.

Merci et bravo à toi Alex, ton dynamisme et ta joie de vivre ont apporté un vent de fraîcheur sur toutes ces données ! Pourrons-nous enfin faire s'envoler ces cerfs-volants...?

Toute mon affection pour toi Nancy, qui travailla vaillamment, jusqu'aux petites heures du matin, avec un poids supplémentaire à ta charge (!)

Merci Bernard, ma boussole...

Merci ma belle rousse.

Merci ma petite boule.

Merci mon clown coquin.

L'encre a coulé si doucement en veillant votre sommeil.

À Mamie...
je t'aime.

i) Introduction

Manger pour survivre ou vivre pour manger ? Chacun adopte, avec une plus ou moins grande polarité un comportement, selon l'intensité du plaisir engendré par l'acte. En effet, si pour d'aucun l'aliment est une source énergétique sans plus, il joue pour d'autres, beaucoup plus nombreux dans notre société nord-américaine, un rôle plus complexe. Il permet entre autres une affirmation sociale, comme chez les végétariens ou les gens fortunés qui consomment des aliments peu communs, ou encore chez les adolescents qui boivent du Gatorade, histoire d'être "in". Son rôle peut être même plus large quand il rassemble, réjouit, console et récompense.

Restreindre le rôle de l'aliment à celui de simple carburant corporel serait donc une erreur lorsqu'il est question de le vendre au consommateur. Il importe d'en analyser tous les aspects, aussi bien son rôle nutritif purement quantitatif que celui qui revêt un caractère plus émotif ou qualitatif. Dans ce dernier cas, l'étude de l'acceptabilité dite sensorielle, i.e. par les cinq sens, est une aide précieuse. C'est en effet par l'examen des caractéristiques sensorielles de saveur, texture et apparence d'un aliment que le niveau de plaisir associé à sa consommation est déterminé. Plus précisément, dans le domaine de l'alimentation du sportif, le rationnel et l'émotif s'affrontent. L'avancement des connaissances en physiologie de l'activité physique permet aujourd'hui d'émettre des recommandations nutritionnelles précises. Mais là où le défi reste de taille, c'est dans l'unification du besoin nutritif au besoin hédonique. Nos aïeux auraient parlé ici de joindre l'utile à l'agréable !

Cet ouvrage explore un aspect de l'évaluation sensorielle des aliments par l'examen de la perception des saveurs chez les sportifs. L'idée originale de ce travail émerge d'une constatation étonnante émise par les sportifs et leurs entraîneurs, à savoir que l'intensité perçue des saveurs - le sucré en particulier - serait plus élevée au cours d'une activité physique.

D'ores et déjà, il est démontré dans cette sphère d'études que différentes conditions physiologiques, telles la grossesse, l'âge, le statut nutritionnel et même le stress peuvent moduler la réponse sensorielle aux saveurs. Il est donc justifié de croire que cette théorie puisse s'appliquer à l'activité physique.

L'objectif visé par ce projet est de quantifier les changements dans la perception sensorielle gustative, qui surviennent immédiatement après une activité physique. L'expérience vise également à identifier des facteurs responsables de la modification de cette perception et de mesurer leur variation suite à une activité physique. Deux projets sont exécutés afin de recueillir l'information nécessaire à la présente recherche. Tout d'abord, une évaluation de boissons pour sportifs, présentement en vente sur le marché de détail sera menée par un groupe de sportifs. Ceci permettra de définir entre autre l'appréciation générale, l'effet physiologique ainsi que le profil idéal d'une boisson pour les sportifs. C'est de cette première évaluation que sera développée une boisson pour sportifs destinée à un deuxième groupe de sportifs. L'évaluation sensorielle de l'intensité des saveurs de la boisson sera menée par ce groupe avant et immédiatement après l'activité physique, permettant de quantifier ainsi l'amplitude de la différence dans la perception sensorielle gustative. De plus, des échantillons de salive seront prélevés aux mêmes temps et cette collecte permettra d'étudier le lien possible entre la perception sensorielle et les changements au niveau de la composition salivaire.

Cet ouvrage débute par une revue littéraire exhaustive des études les plus récentes et pertinentes dans les domaines suivants : la physiologie humaine en relation avec les besoins nutritifs; l'univers - puisqu'il en est un - des boissons pour sportifs, à travers l'appréciation du consommateur; les facteurs de régulation de la composition salivaire et finalement, la perception sensorielle gustative en relation à chacun des trois sujets précédemment traités. Suivra deux publications scientifiques, l'une traitant des boissons pour sportifs en vente sur le marché et l'élaboration du profil de la boisson idéale; l'autre, se penchant sur la perception sensorielle gustative suite à l'activité physique.

ii) Revue bibliographique

1. Physiologie et nutrition

Dans cette première section plus substantielle, les études pertinentes traitant de la physiologie de l'activité physique et sa relation avec la nutrition sont rapportées. Trois points sont traités : l'hydratation corporelle qui est au coeur de la régulation thermique lors de l'activité physique intense; la digestion, où la tolérance et la vidange gastrique demeurent des sujets chauds en recherche appliquée; et finalement, l'apport énergétique, sous ses différentes formes, concentrations et moments de consommation.

1.1 Hydratation

L'activité physique constitue un stress pour l'organisme. L'élévation de la température corporelle et du rythme cardiaque, les transferts d'énergie nécessaires à la contraction musculaire et l'activation des systèmes nerveux et hormonaux en sont tous autant de causes. Aussi, la demande énergétique est importante et le corps sollicité de la sorte s'épuise; l'humain ressent alors la fatigue. La rapidité d'apparition, l'intensité et la durée de la fatigue dépendent de plusieurs facteurs. Mais une des perturbations physiologiques des plus importantes, qui précipite l'apparition de la fatigue, est sans contredit la déshydratation. L'eau corporelle est en fait le thermorégulateur par excellence du corps humain. Ce dernier réagit à une augmentation de température - résultant de la contraction musculaire - par l'activation du flot sanguin périphérique, permettant ainsi la libération de la chaleur sous forme de sueur. Sans eau, cette régulation est contrainte et le système cardio-vasculaire de même que la performance s'en trouvent hypothéqués. De plus, les fluides étant présents dans tous les compartiments du corps, y compris dans le sang, une déshydratation peut entraîner une hypertonicité et une hypotension. Ces systèmes sont maintenus grâce aux

osmorécepteurs hypothalamiques et aux barorécepteurs vasculaires. Toutefois, lors de l'activité physique, une déshydratation dite volontaire est observée, qui crée un déséquilibre hydrique corporel. La soif semble en effet ne pas être ressentie aussi clairement qu'au repos. De plus, le niveau de sudation est parfois tel que le volume de liquide nécessaire à la réhydratation excède la tolérance humaine. L'athlète décide donc de diminuer sa consommation de liquides. Chez l'humain, la perte par sudation peut atteindre $30 \text{ g}\cdot\text{min}^{-1}$ ($1.8 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$) et une diminution aussi faible que 1% du poids corporel peut entraîner une augmentation disproportionnée du rythme cardiaque. Les études récentes démontrent de plus que le maintien de l'hydratation à un niveau normal permet d'optimiser le fonctionnement des systèmes cardio-vasculaires et thermorégulateurs, en plus d'augmenter la performance physique. Une étude de Greenleaf *et al.* (1995) démontre également l'influence positive d'un niveau adéquat d'hydratation par son influence sur l'osmolalité plasmatique et sur les modulations du système immunitaire. Par ailleurs, l'importance d'un apport adéquat en eau et électrolytes comme facteur de régulation de la température corporelle explique l'intérêt de la communauté scientifique pour ce domaine de recherche. Des travaux récents qui mettent en parallèle l'apport hydrique et la performance ont permis de raffiner les recommandations à ce sujet. *The American College of Sports Medicine (ACSM - 1996)* a publié des directives relatives au remplacement des fluides lors de l'activité physique. D'abord, le maintien d'un niveau d'hydratation adéquat, 24 h précédant l'activité physique et l'ajout de 500 ml de liquide 2 h avant l'épreuve sont suggérés. À l'effort, la consommation de liquide doit débiter rapidement et se poursuivre à intervalles réguliers, à un taux suffisamment élevé pour permettre le maintien de l'équilibre hydrique. La quantité consommée devrait idéalement permettre d'équilibrer les quantités dissipées via la sueur. Toujours selon la même source, les taux de réhydratation chez les sportifs se situent aux deux tiers du niveau optimal et une déshydratation de 2 à 6% du poids corporel est fréquemment observée. Certaines études concluent à une augmentation de la performance lors d'activité de moins d'une heure sous apport hydrique alors que d'autres ne trouvent aucune différence. Il demeure toutefois clair que l'addition d'eau lors d'une épreuve de plus d'une heure où la température ambiante est élevée se révèle bénéfique. La logique porte à croire que

le remplacement des éléments nutritifs doit s'effectuer en regard des pertes sudatoires. Bien que cela semble exact pour ce qui est de l'eau, l'équation ne peut s'appliquer aussi simplement pour les électrolytes. En effet, l'isolation de cette équation perte/remplacement ne tient pas compte de l'hémoconcentration qui survient lorsque le niveau d'hydratation est insuffisant. Une élévation des concentrations en sodium et potassium peut mener à une hypertonicité. À l'inverse, une surhydratation mène à une hyponatrémie ou hypokaliémie.

L'ajout d'électrolytes aux boissons consommées lors de l'activité physique est également un point d'intérêt. Il semble que la nécessité de cet apport supplémentaire soit dictée par la durée et l'intensité de l'effort physique. En effet, pour une activité physique de moins d'une heure, la preuve scientifique est encore faible quant aux avantages apportés par l'ajout d'une boisson fortifiée en électrolytes et en hydrates de carbone versus de l'eau. Cependant, pour une activité sportive de plus d'une heure, quelques recommandations sont émises par l'ACSM : tout d'abord, l'ajout de sodium a pour avantages de rendre la boisson plus savoureuse, d'augmenter la rétention des fluides corporels et dans certains cas, de prévenir l'hyponatrémie - notamment chez les sujets buvant de grandes quantités de liquide. Au niveau physiologique, la présence du sodium dans l'intestin permet d'augmenter l'absorption d'eau. Les évidences scientifiques ne sont toutefois pas clairement établies concernant cet ajout. L'ACSM suggère donc un apport en sodium de 0.5 à $0.7 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$ d'eau pour les activités physiques de plus d'une heure s'il y a faible ingestion de sodium dans la diète régulière ou grande perte de sueur, ou pour les activités physiques de plus de quatre heures en conditions normales. Lors d'activités de moins d'une heure, la quantité de sodium contenue dans le repas précédant et suivant l'épreuve devrait suffire à combler les besoins physiologiques. À ce chapitre, Levine *et al.* (1991) étudient l'effet d'un apport d'eau et d'une solution nutritive ($94 \text{ kcal}\cdot\text{l}^{-1}$, $48 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$ de glucides, $24 \text{ mEq}\cdot\text{l}^{-1}$ de sodium et une osmolalité de $165 \text{ mOsm}\cdot\text{kg}^{-1}$) sur la thermorégulation et la réhydratation. Les sujets (11 hommes) sont soumis à une épreuve d'une durée de 13 h au cours de laquelle alternent séances d'entraînement ($30\% \text{ VO}_2\text{max}$ à 35°C) et repos. Aucune différence significative dans les taux de réhydratation et de thermorégulation n'est trouvée. Seule l'osmolalité est supérieure et le taux d'acides gras libres plasmatiques

inférieur dans le groupe supplémenté.

Des conclusions divergentes sont souvent obtenues entre les études, la plupart du temps attribuables aux conditions expérimentales non homogènes. C'est pourquoi les recommandations demeurent à large spectre. De plus, il faut considérer le seuil de tolérance et la vitesse d'absorption comme variable explicative de la différence d'acceptabilité inter-individu. Voilà ce dont il est question au chapitre suivant.

1.2 Digestion

La tolérance et la vitesse de vidange gastrique sont des éléments à considérer dans l'étude de la physiologie de l'activité physique. Le premier se conçoit aisément puisqu'il détermine le taux maximum d'ingestion de fluide par un sujet. La vitesse de vidange gastrique pour sa part détermine le taux de disponibilité des éléments nutritifs au corps. Certains facteurs peuvent influencer la vidange, dont la nature des éléments consommés. Pour cette raison, il est préférable de consommer des liquides plutôt que des matières solides, afin d'optimiser la vitesse de la vidange. L'intensité de l'effort influence également l'activité stomacale : un exercice à basse intensité cause une augmentation du taux de vidange gastrique alors qu'un exercice intense produit l'effet contraire. Une étude de Rehrer (1991) montre l'influence de l'intensité de l'exercice et celle de l'osmolalité des solutions de glucides sur la vitesse de vidange gastrique. Les courbes rapportent la quantité résiduelle de liquide dans l'estomac en fonction de la durée de l'exercice. Le niveau de l'activité physique est fixé à 50 et 70% VO_2 max. La concentration glucidique des solutions est de 7% ($296 \text{ mOsm}\cdot\text{l}^{-1}$) contre 18% ($444 \text{ mOsm}\cdot\text{l}^{-1}$). Les résultats montrent un volume résiduel stomacal inférieur lorsque les sujets sont au repos ou à 50% VO_2 max plutôt qu'à 70% VO_2 max. Cette différence est observée pour les deux solutions, à 10 et 20 minutes après le début de l'activité physique. Les graphiques permettent également de noter des quantités résiduelles supérieures pour la solution hyperosmotique comparativement à la solution isoosmotique.

En plus de l'intensité de l'effort et l'osmolalité de la solution, la vitesse de vidange gastrique doit être étudiée en tenant compte de la concentration en hydrates de

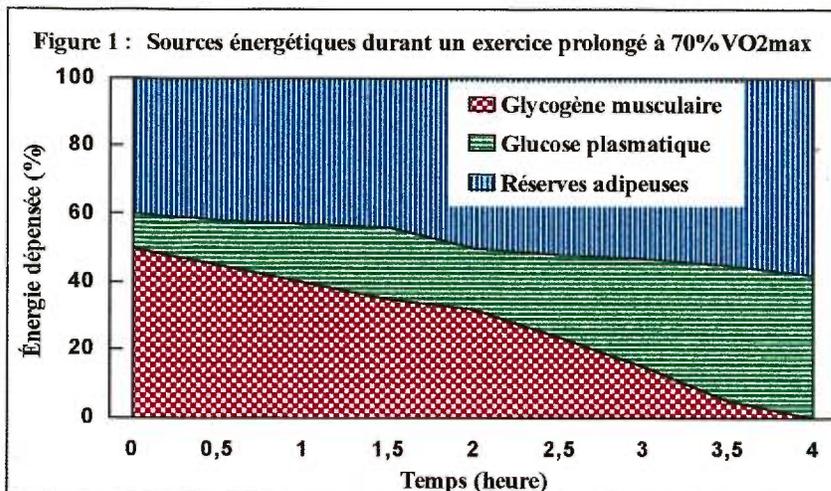
carbones de la solution. Une étude de Vist *et al.* (1995) compare quatre solutions dont deux à faible concentration en hydrates de carbone (40 g/l), et deux autres à concentration élevée (188 g/l). Pour chaque cas, l'osmolalité est faible ou élevée, selon l'utilisation d'un polymère ou de glucose. Pour les solutions évaluées, les résultats montrent que le demi-temps de vidange gastrique n'est pas qu'influencé par l'osmolalité, mais également par la concentration de la solution, l'influence de cette dernière étant plus importante. De fait, à osmolalité égale soit environ 230 mOsm/kg, la solution contenant du glucose (40 g/l) montre un demi-temps de vidange gastrique plus court que celui apporté par la solution de polymère de glucose (188 g/l) soit 17 ± 1 et 64 ± 8 minutes respectivement.

La carbonatation des boissons pour sportifs est un autre facteur d'intérêt puisqu'il gagne la faveur populaire. Ses effets sur les fonctions gastriques sont étudiés par l'équipe de Zachwieja *et al.* (1991 et 1992). Il ressort de l'évaluation lors de l'activité physique, que la carbonatation n'a aucun impact sur la vitesse de vidange gastrique, sur le confort ni sur la performance.

Finalement, d'autres facteurs peuvent influencer la vitesse de vidange gastrique : le niveau d'entraînement, le volume gastrique, la quantité de liquide consommée, la température de la boisson, le niveau d'hydratation et le stress (Rehrer, 1991).

1.3 Énergie

Lors d'une activité physique intense, le corps mobilise ses réserves en glucides, lipides et protéines pour satisfaire la demande énergétique engendrée par l'effort. En théorie, les réserves adipeuses contenues dans le corps humain peuvent largement combler la demande énergétique (les réserves sont de l'ordre de 80 000 kcal). Cependant, il est impossible de mobiliser celles-ci à un taux supérieur à 500 kcal/h, ce qui permet une intensité d'environ 50 à 60% VO_2 max. Heureusement, les glucides contribuent également à la demande d'énergie car le glycogène musculaire offre un taux de mobilisation anaérobie d'environ 1 500 kcal/h pour une durée d'une minute et une mobilisation aérobie d'environ 700 à 800 kcal/h pour une période d'entraînement plus prolongée. Ces réserves en glycogène sont plus limitées que celles en matières



Tirée de: Coyle, 1991.

grasses, étant de 1 200 et 400 kcal pour le glycogène musculaire et hépatique respectivement. Également, le glucose sanguin est source d'énergie disponible à un taux variant entre 50 et 250 kcal/h (Coyle, 1991). Ces limites dans les taux de mobilisation expliquent en partie l'apparition de la fatigue qui survient à l'effort. En effet, la fatigue se manifeste lorsque les réserves en glycogène musculaire des muscles sollicités atteignent un niveau critique. De plus, la contribution énergétique des différents réservoirs du corps humain varie en fonction de la durée et de l'intensité de l'activité physique. Pour un exercice à 70% VO₂max, les lipides contribuent pour 40% à l'approvisionnement énergétique, atteignant 55% après 4 h (figure 1). La contribution des muscles - et donc du glycogène musculaire - est à l'inverse plus importante en début d'activité et diminue graduellement.

Le manque à gagner en énergie au début de l'activité physique est donc minime mais augmente assez rapidement, à mesure que les réserves en glycogène musculaire s'épuisent. Cette carence se comble par un apport externe en glucose de l'ordre de 5% en début d'activité, puis de 20% après 3 h.

Le rôle premier des glucides est donc le maintien de la glycémie. C'est en fait le substrat énergétique par excellence pour le muscle, puisqu'il entre rapidement dans le cycle d'oxydation glucidique. L'apport externe en sucre se révèle bénéfique lors de l'activité physique de plus d'une heure puisqu'alors, les réserves en glycogène musculaire sont substantiellement entamées. Les apports recommandés sont de 30

à $60 \text{ g}\cdot\text{h}^{-1}$ en glucides. Toutefois, il demeure important que cet ajout soit fait en respect de l'osmolalité optimale du liquide consommé, soit sous la barre des 10% ($\text{g}\cdot 100 \text{ ml}^{-1}$ d'eau) et idéalement entre 4 et 8% ($\text{g}\cdot 100 \text{ ml}^{-1}$ d'eau). De cette façon, les besoins en eau et en glucides peuvent être rencontrés simultanément.

Une autre variable à considérer lors de supplémentation en glucides est la bio-disponibilité en glucose. Celle-ci se mesure par l'augmentation de la glycémie résultant de la consommation en sucres. La glycémie est comparable lors de consommation de glucose, sirop de maïs et amidons mais quelque peu inférieure pour le sucrose (Coyle, 1991). Les fruits, les légumineuses, les féculents et autres glucides complexes contenant fibres et protéines et demandent donc plus de temps pour être digérés et par conséquent, l'augmentation de la glycémie est plus lente à survenir et est moins importante. Pour sa part, le fructose est converti en majeure partie en glucose au niveau du foie; la pente de la courbe glycémique qui en résulte est donc plus douce. Il est aisé de concevoir alors que le type d'hydrate de carbone utilisé dans les suppléments influence de façon variable les valeurs physiologiques. Dans une étude où les solutions sont sucrées avec des polylactates ou des polymères de glucose, les valeurs sanguines rapportées sont similaires, à l'exception du pH et du bicarbonate où les valeurs obtenues sont supérieures pour les polylactates (Fahey *et al.*, 1991). Également, Hawley *et al.* (1992) ne trouvent aucune différence dans la vitesse d'oxydation glucidique et la vidange gastrique, suite à l'ingestion de glucose et de maltose. Moodley *et al.* (1992) trouvent des taux similaires d'oxydation glucidique totale suite à la consommation de glucose, sucrose ou polymère de glucose à des concentrations de 7.5, 10 et 15% ($70\% \text{ VO}_2\text{max}$, 90 minutes). Cependant, la vidange gastrique et le taux d'oxydation exogène de glucides pour la solution de polymères de glucose sont supérieurs à celle de la solution de sucrose. À l'inverse, la vidange et l'oxydation de sources exogènes pour la solution de glucose sont inférieurs à celle de la solution de sucrose. La vidange gastrique ralentit et l'oxydation de sources exogènes augmente à mesure que la concentration glucidique s'accroît. Dans leur expérience, Cole *et al.* (1993) n'ont observé aucune différence dans la performance ni dans le taux de vidange gastrique, suite à la consommation de solutions contenant du glucose-sucrose, du sirop de maïs ou un polymère. L'inclusion de glucose, sucrose ou autres glucides complexes, démontre une efficacité similaire à l'oxydation glucidique totale,

au retardement de l'apparition de la fatigue et à l'augmentation de la performance. Toutefois, selon *The American College of Nutrition*, il faut porter une attention spéciale au fructose, sa conversion en glucose plasmatique étant plus lente et son ingestion à dose élevée pouvant causer un inconfort gastrique. Cependant, une étude menée par Adopo *et al.* (1994) démontre qu'une combinaison de glucose et fructose est plus efficace que l'utilisation d'un seul de ces monomères. En effet, la consommation de 50 ou 100 g d'une solution de glucose, de fructose ou d'un mélange glucose-fructose, produit des taux variables d'oxydation de glucose exogène. Sous consommation de 100 g de glucose-fructose en solution à 20%, l'oxydation exogène est de 21% supérieure à celle observée sous apport de 100 g de glucose seul en solution, et de 38% supérieure que sous apport de 100 g de fructose. Ces résultats prônent en faveur d'un mélange mixte de glucose-fructose pour maximiser le taux d'oxydation en glucides exogènes. Une explication à cette découverte serait que leurs différentes routes d'absorption, pourrait diminuer la compétition entre ces deux sucres et permettre une meilleure efficacité. Ces premières données constituent donc la base des connaissances actuelles.

D'un point de vue plus pratique, l'étude de la supplémentation glucidique est étudiée en regard du moment de l'apport soit avant, pendant et après l'effort. Les prochains paragraphes traitent le sujet sous cet angle.

Avant l'activité physique

En alimentation du sportif, comme dans tout autre domaine, les recommandations nutritionnelles sont émises partant du principe que l'alimentation de base est adéquate. Toutefois, une étude de Tanaka *et al.* (1995) démontre que les recommandations nutritionnelles journalières ne sont pas rencontrées chez les athlètes de haut calibre d'un collège des États-Unis. Les hommes consomment suffisamment de calories mais le pourcentage provenant des glucides reste sous les 60%. Pour les femmes, le niveau de glucides ingéré est de 65% mais l'apport énergétique est insuffisant. La synthèse de glycogène musculaire s'en trouve donc affectée et est non optimale. Ces constatations penchent en faveur d'un apport glucidique lors de l'activité

physique.

L'optimisation des réserves en glucides est à considérer dans un programme d'entraînement. De façon générale, l'apport énergétique idéal en glucides du régime alimentaire d'un athlète d'endurance (ou travaillant en aérobie) devrait se situer autour de 60 à 70% (Coyle, 1991). Pour un athlète de 70 kg, dont les besoins énergétiques sont d'environ 3 500 kcal/jour, ceci correspond à 500 à 600 g de glucides - 2 000 à 2 400 kcal/jour - en glucides, la différence étant consommée sous forme de matières grasses - 20 à 30% - et protéines - 10 à 15%. Une étude en ce sens réalisée auprès d'un groupe de sportifs semi-entraînés consistait en un test sur bicyclette ergométrique à intensité maximale intermittente. Les sujets devaient soutenir une intensité maximale le plus longtemps possible. La consommation d'une diète contenant 83%, 58% ou 12% de glucides, et ce, pendant trois jours a permis d'effectuer un travail total de l'ordre de 5.6% et 2.3% supérieur pour les deux premiers groupes respectivement (Jenkins *et al.*, 1993).

Une autre étude, dont les résultats apportent des spécifications importantes concernant le régime de surcompensation en glycogène musculaire, a été menée par l'équipe de Tarnopolsky *et al.* (1995). L'étude porte sur les différences entre les sexes dans le métabolisme des glucides et la performance. La teneur en glucides dans la diète était augmentée chez des sujets des deux sexes, passant de 55-60% à 75% et ce, pour une période de 4 jours. L'effet de ce régime sur la synthèse de glycogène musculaire et sur la performance à l'activité physique intense a été mesuré. Suivant cette diète, les hommes ont vu leur glycogène musculaire augmenter de l'ordre de 41% et leur performance d'un facteur équivalent (45%) lors d'un test d'endurance à 85% VO_2 max. Par contre, aucune augmentation du stock en glycogène musculaire (0%) n'a été trouvée chez les femmes non plus qu'une augmentation de la performance au test d'endurance. Également, il ressort que les femmes oxydent plus de lipides et moins d'hydrates de carbone et de protéines lors d'un test à 75% VO_2 max, comparativement aux hommes.

Pendant l'activité physique

L'apport externe en sucre pendant l'activité permet de retarder l'apparition de la fatigue. Ce sursis peut se prolonger de 30 à 60 minutes (Coyle, 1991).

Une expérience menée par Seidman *et al.* (1991) démontre les avantages de la consommation d'une solution à 7.2% de polymères de glucose comparativement à un placebo et à de l'eau plate, lors d'une marche de 30 km à 30°C (1 litre à chaque 5 km). Les résultats démontrent en effet que la consommation de glucides permet le maintien de la concentration en glucose plasmatique.

Pour leur part, Bacharach *et al.* (1994) démontrent que la consommation d'une boisson enrichie à 10% comparativement à 6.4% permet d'améliorer le temps lors d'une épreuve de performance sur bicyclette ergométrique - 500 révolutions/minute, contre une résistance de 29.4 Newton.

L'ingestion d'une solution de glucides comparativement à de l'eau pure influence également la réponse hormonale lors d'une activité physique de 2 h. La consommation d'une solution enrichie à 7% en polymères de glucose-fructose et en électrolytes comparativement à de l'eau seule permet de limiter l'augmentation en cortisol plasmatique et la production d'acides gras libres. Elle permet aussi d'atténuer l'augmentation en arginine vasopressine comparativement à l'eau seule (Deuster *et al.*, 1992). Ces résultats suggèrent que l'addition de glucides et électrolytes à la solution ingérée lors de l'activité physique permettrait une diminution de l'activité du système porte-hypothalamo-adénohypophysaire, un changement potentiellement bénéfique. En effet, les glucorécepteurs hépatiques, hypothalamiques et ceux d'autres tissus sont impliqués dans l'activation de cet axe, qui à son tour module la réponse du cortisol et de l'arginine vasopressine (Nazar, 1971).

Après l'activité physique

Le remplacement des réserves corporelles en glucides est essentiel considérant cette étape comme la première préparation pour la prochaine séance d'entraînement. Le taux de recouvrement des réserves en glycogène musculaire étant seulement de 3 à

7 %/h, il faut donc compter 20 h pour restaurer les réserves, si l'alimentation est adéquate. Les facteurs à considérer dans l'alimentation sont 1) le délai entre la fin de l'activité et l'apport alimentaire, 2) la quantité et 3), le type de glucides consommés. La littérature soulève que le taux de synthèse en glycogène musculaire est plus rapide lorsque les sucres sont consommés dans les 15 minutes suivant l'activité physique (Coyle, 1991).

Les protéines sont également source énergétique potentielle pour l'activité physique. La consommation en protéines a été étudiée par plusieurs chercheurs. Lemon (1996) s'interroge sur la nécessité de consommer une plus grande quantité de protéines chez les sujets pratiquant une activité physique sur une base régulière. La consommation protéique moyenne des athlètes atteint 2 g/kg/jour. Toutefois, une étude de Fern *et al.* (1991) démontre qu'un gain de masse musculaire supplémentaire est atteint chez des sujets consommant 3.3 g ou 1.3 g de protéines/kg/jour et ce, sur une période aussi courte que 4 semaines. Meredith *et al.* (1992) parviennent à la même conclusion en administrant un supplément de 23 g de protéines à des sujets effectuant une activité sous haute résistance, comparativement à un groupe sans supplément effectuant le même entraînement. La supplémentation protéique combinée à un entraînement régulier sous haute résistance permettrait donc d'augmenter la masse musculaire. Deux études d'un grand intérêt menées par Lemon (1992) et Tarnopolsky *et al.* (1992) montrent une balance azotée négative chez des jeunes hommes engagés dans une activité physique sous haute résistance et consommant une diète où l'apport en protéines rencontre les ANR. Ces études démontrent que les recommandations nutritionnelles sont insuffisantes pour les individus pratiquant une activité physique régulière. L'analyse des données par régression linéaire a permis de fixer l'apport recommandé à 1.7 g et 1.8 g de protéines/kg/jour relativement, pour chacune des études. Au-delà de ce taux, pour une valeur de 2.4 g de protéines/kg/jour, aucun bénéfice additionnel n'est apporté sur la synthèse de la masse musculaire. La valeur plafond serait donc, selon toute vraisemblance, atteinte à 1.7 g à 1.8 g de protéines/kg/jour, ce qui signifie que la consommation moyenne habituelle de 2 kg de protéines/g/jour chez les athlètes est suffisante. Ces données s'appuient sur une consommation quotidienne de 5 000 kcal chez un homme de 70 kg dont l'apport protéique se chiffre à 10% de l'énergie totale (Lemon, 1996). Chez ces

sujets, la supplémentation n'est donc pas nécessaire.

Cette section résume donc les découvertes les plus récentes concernant la physiologie et les besoins nutritifs des sportifs. Mais ces recommandations nutritives doivent être par la suite appliquées par les sportifs, d'où l'importance de développer des suppléments alimentaires qui leur plaisent. La prochaine section traite des considérations de cet ordre.

2. Boissons pour sportifs

Cette section pose un regard concret sur la consommation des sportifs. Le marché des boissons est en pleine croissance et les compagnies investissent des sommes considérables afin de déterminer les attentes des consommateurs. Cette section fait une brève revue des préférences des consommateurs, de la composition nutritive des boissons y compris leur propriétés fonctionnelles.

2.1 Préférence du consommateur

Lors d'une activité physique, la déshydratation volontaire et le besoin corporel en eau s'affrontent. De plus, l'eau ne semble pas être le fluide par excellence pour charmer le sportif. Il importe donc de connaître les éléments susceptibles d'influencer positivement celui-ci à consommer une plus grande quantité de liquide. McEwan *et al.* (1991) du *Department of Sensory Quality and Food Acceptability, Campden* ont cerné la perception et les attentes des consommateurs face à une boisson pour sportifs. Ils ont mis au point une méthode pour l'évaluation des facteurs influençant la perception du pouvoir étanche-soif et rafraîchissant d'une boisson. L'approche adoptée est un *focus group*, où des sportifs sont réunis pour s'exprimer librement sur un sujet, la discussion étant animée par un spécialiste en marketing. Les auteurs soulèvent que les évaluations sensorielles menées auprès de juges entraînés, ne peuvent renseigner sur des aspects plus qualitatifs de la consommation, tels le pouvoir étanche-soif et la sensation rafraîchissante. Le *focus group* permet d'explorer ces aspects avec une représentation plus réelle du contexte de consommation. Également, des facteurs tels la soif, la perception intégrale du produit ainsi que le contexte de consommation doivent être pris en compte dans l'évaluation des attentes des usagers puisque cette dernière s'inscrit dans un contexte bien plus large que celui de la soif proprement dite. Quatre facteurs sont identifiés pour mener à bien l'évaluation: les sensations corporelles - besoin d'eau, chaleur, bouche pâteuse et sèche -, la formulation - niveau d'acidité, carbonatation et saveur -, l'aspect marketing - la valeur de la marque, l'image, la publicité et le prix - et finalement, la culture - contexte social,

état psychologique et habitudes. Ces différents paramètres sont étudiés par divers départements dans une entreprise. Ils relèvent respectivement de la biologie, la R&D, le marketing et la sociologie. Toujours dans l'étude de McEwan, afin de rencontrer les objectifs fixés, deux *focus group* sont menés au cours desquels des discussions sont animées. Les sujets soulevés sont le niveau de consommation journalière, le motif de la consommation, le moment précis, le choix de la boisson etc. Afin de supporter cette animation, des techniques telles la classification de produits, la dégustation et l'association de mots sont utilisées. Pour la dégustation, les résultats obtenus démontrent que l'eau demeure l'un des produits les plus étanche-soif, bien que son goût ne soit pas des plus appréciés. D'autre part, l'eau carbonatée ne s'avère pas un étanche-soif plus puissant que l'eau plate. La raison soulevée est que la saveur est déplaisante et amère. Par ailleurs, la boisson à saveur de citron carbonatée vient au premier rang pour son pouvoir étanche-soif par opposition à la boisson à base de lait à la fraise qui se classe au dernier rang à cause de sa consistance trop épaisse et de son goût trop sucré, propriétés indésirables pour une boisson de ce type. Les résultats de cette étude suggèrent qu'une boisson pour sportifs, pour être étanche-soif, doit avoir une saveur acidulée, astringente, fruitée et un goût bien relevé. Par ailleurs, elle ne doit pas être trop épaisse, sucrée ou carbonatée (McEwan *et al.*, 1991).

La vision élargie du choix d'une boisson pour sportifs telle que proposée par ces auteurs, est supportée par Tuorila *et al.* (1990), qui indiquent que le choix d'une boisson ne se limite pas seulement à sa sélection par rapport à une autre, mais reflète plutôt une attitude particulière de consommation, un style de vie et une perception de l'effet de sa consommation sur le corps. Les informations de cette étude sont tirées d'un questionnaire écrit que les participants devaient compléter individuellement.

Autre facteur d'intérêt, la couleur d'une boisson, peut influencer la perception de son pouvoir étanche-soif, son acceptabilité et la perception de l'intensité de sa saveur. Clydesdale *et al.* (1992) rapportent des éléments importants concernant la perception du consommateur. Ces derniers considèrent que les boissons les plus sucrées et celles colorées en brun, orange ou rouge ont un plus grand pouvoir étanche-soif. Roth *et al.* (1988) abondent en ce sens et rapportent que la couleur des boissons pour sportifs influence la perception de l'intensité de la saveur sucrée.

Du côté de la recherche quantitative, l'équipe de Meyer *et al.* (1995) ont investigué

auprès des enfants, les soumettant à une activité physique intense - 90% VO_2 max - menée jusqu'à épuisement. Trois échantillons de boisson au raisin et un d'eau ont été évalués. Les boissons contenaient 6% de glucides et l'échantillon d'eau était additionné d'un édulcorant, afin d'égaliser l'intensité de la saveur sucrée des autres échantillons. La teneur en sodium se chiffrait à 0, 8.8 et 18.5% pour les boissons et à 0% pour l'eau. Les sujets disent préférer l'échantillon d'eau à celui à 18.5% en sodium, malgré qu'ils n'étaient pas en mesure d'identifier la nature de la différence entre ces deux échantillons. Au total, il n'y a pas de différence entre les volumes de boisson et d'eau consommés par les enfants. Dans cette étude, il n'y a donc pas de corrélation entre la préférence pour une boisson et le niveau consommé. Ryan *et al.* (1991) s'attardent pour leur part à l'effet de la carbonatation et du taux de sucre sur le niveau de la consommation *ad libitum* de boissons. L'épreuve consiste en une marche de 2 h à 60% VO_2 max à 32°C. Les sujets peuvent consommer la boisson assignée à volonté. Les résultats montrent des quantités consommées similaires pour les 4 boissons. Des différences sont toutefois notées en regroupant les 2 boissons carbonatées et en les comparant aux boissons non carbonatées, le niveau de consommation de ces dernières étant supérieur. Les sujets sont en mesure de noter des différences, cependant non significatives, dans les niveaux de sucre et de carbonatation des boissons et leur préférence penche du côté de la boisson non carbonatée à 6 % de glucides. De même, Hickey *et al.* (1994) trouvent une consommation équivalente, que la boisson soit carbonatée ou non. Dans cette étude, les sujets consomment une boisson carbonatée ou non carbonatée à différentes concentrations de sucre et l'activité physique est fixée à 60% VO_2 max.

Ces données relatives aux préférences du consommateur penchent sans aucun doute pour l'évaluation des attentes du groupe ciblé, les préférences résultant de l'influence de nombreux facteurs.

2.2 Eau, électrolytes et énergie

Bien que l'ajout d'hydrates de carbone et de sodium ne soit pas nécessaire pour les activités sportives de moins d'une heure, toutes les boissons destinées aux sportifs en

contiennent. De cette façon, l'image du produit ainsi que ses propriétés sensorielles gustatives en sont améliorées et, bien-sûr, le consommateur ne débourserait pas pour l'achat d'une boisson ne contenant que de l'eau colorée. Les concentrations de ces éléments sont variables d'une marque à l'autre et la consommation d'une seule bouteille ne peut nuire à l'organisme. Par ailleurs, la consommation excessive d'eau pourrait mener à une hyponatrémie. Les taux de 0.5 à 0.7 g de sodium/l d'eau, sont recommandés par l'ACSM et pour une activité physique d'une durée de plus de 4 heures.

Concernant les glucides, ceux-ci favorisent d'abord l'absorption de l'eau par l'intestin. Cependant, le premier rôle du sucre est le maintien de la glycémie et de l'augmentation du taux d'oxydation glucidique lors d'activités physiques de plus d'une heure. Les taux recommandés sont de 30 à 60 g/h en respectant toutefois une concentration inférieure à 10% dans les boissons. Dans une étude menée par Decombaz *et al.* (1992), la préférence va du côté d'une solution isotonique (295 mOsm/kg) plutôt qu'une solution hypotonique (180 mOsm/kg) lorsque testée auprès de 97 athlètes. Une étude préalable démontrait qu'aucune différence de saveur entre les deux boissons évaluées n'était décelable (toutes deux à 5% en glucides). La préférence manifestée est donc attribuable exclusivement à l'osmolalité de la boisson. Le pouvoir sucrant des glucides doit également être considéré dans la supplémentation puisqu'il détermine l'acceptabilité et également le niveau de consommation. Le fructose possède le pouvoir sucrant le plus élevé alors que le sucrose et le glucose, à quantité égale, sont moins sucrés. Les sirops de maïs et les maltodextrines confèrent pour leur part une texture farineuse aux boissons.

2.3 Propriétés fonctionnelles

Avec l'intérêt grandissant des consommateurs pour des produits promouvant la santé, une nouvelle gamme de boissons fait son entrée sur le marché : les boissons supplémentées de composés dits fonctionnels. Les japonais sont les leaders pour développer et légiférer sur les nutraceutiques et aliments fonctionnels. Ils ont défini différentes classes afin de regrouper les composés fonctionnels. Les principales

sont : les fibres alimentaires - cellulose, pectine, lignine -, les oligosaccharides et les bactéries lactiques - *Lactobacillus et Bifidobacterium* -, les protéines - soya -, les vitamines et antioxydants - acide ascorbique, bêta-carotène, tocophérol - et les minéraux et agents dérivés des plantes ou composés phytochimiques - flavonoïde, caroténoïde, acide phénolique (Giese, 1995). Bon nombre de ces composés ont la réputation de diminuer les risques de développer différents cancers. D'autres pourraient contribuer à augmenter la performance à l'effort, mais les études dans ce domaine manquent et la publicité trompeuse parvient à confondre les consommateurs. Parallèlement à ces considérations nutritionnelles, le défi est de taille pour le développement d'une boisson incluant l'un ou l'autre de ces composés. En effet, ces derniers confèrent très souvent une caractéristique sensorielle indésirable au produit. Il en est ainsi notamment pour la saveur d'oeufs/soufre du bêta-carotène, l'amertume du potassium, la sensation crayeuse du calcium et des fibres et le goût de bouillon de viande des hydrolysats de protéines. De plus, selon la législation sur les substances dopantes émise par *The International Olympic Committee*, toute substance consommée en quantité anormale avec l'intention d'augmenter de façon artificielle ou illégale la performance physique doit être considérée comme substance dopante et constitue à ce titre une violation de l'éthique sportive.

L'importance de l'évaluation sensorielle des boissons en situation réelle de consommation ne tient pas qu'à l'influence du contexte entourant l'acte mais également aux modifications physiologiques enclenchées lors de l'effort physique. Un des paramètres d'importance est, en l'occurrence, la salive. L'étude de la composition salivaire étant indissociable de la perception sensorielle, son examen détaillé constitue la section suivante.

3. Salive

3.1 Physiologie et composition

Premier agent chimique du corps humain à entrer en contact avec l'aliment, la salive joue un rôle de premier ordre dans le processus de perception sensorielle gustative. Ce fluide est produit par trois paires de glandes exocrines dont les canaux sécréteurs aboutissent dans la cavité orale : les parotides, sous-maxillaires et sublinguales. La combinaison des sécrétions de ces trois glandes constitue la salive mixte. Au repos, les sous-maxillaires constituent en moyenne 69% de la salive totale, contre 26% et 5% pour les parotides et sublinguales respectivement. Ces valeurs au repos sont modifiées lors de stimulation avec de la cire pour se chiffrer en moyenne à 63% pour les sous-maxillaires, 34% et 3% pour les parotides et sublinguales respectivement. Lors de l'activité physique, la production de salive par les parotides est donc majorée contrairement aux deux autres paires de glandes. La salive, est composée à 99% d'eau; les minéraux, protéines et glucides forment le pourcentage qui reste. Les protéines apparaissent sous deux formes dans la salive : les glycoprotéines et les enzymes protéiques. Les premières, attachées à des molécules glucidiques, constituent le mucus. L'alpha-amylase (α -amylase), pour sa part, appartient au second groupe. Elle a pour rôle d'hydrolyser les sucres en dissacharides et compte pour 40 à 50% des protéines de la salive mixte chez l'humain. Enfin, d'autres protéines enzymatiques (rénine, kallikréine, lysozymes et déhydrogénase) sont présentes dans la salive (Froehlich, 1986).

La composition minérale de la salive dérive directement de celle du sang, à l'exception du bicarbonate. Les principaux minéraux présents dans la salive sont le sodium, le chlore, le magnésium, le potassium et le calcium. La proportion des différents constituants salivaires diffère en fonction de la glande sécrétrice. Par exemple, la concentration en α -amylase des parotides est supérieure à celle des sous-maxillaires. En effet, les parotides sont composées majoritairement de cellules séreuses qui produisent notamment l' α -amylase, alors que les sublinguales sont constituées principalement de cellules muqueuses. Les sous-maxillaires, quant à elles, renferment les deux types de cellules.

Les études sur la composition salivaire peuvent être menées soit sur la salive totale ou

en sélectionnant l'une ou l'autre des glandes salivaires. Les résultats obtenus sont donc tributaires de ce facteur puisque la composition en électrolytes varie selon la glande sécrétrice.

Notons enfin que la concentration totale de la salive est inférieure à celle du plasma et que son osmolalité est d'environ 1/10^e du sérum sanguin. Les quantités sécrétées par jour varient de 750 à 1 500 ml (Froehlich, 1986).

De façon plus générale, le rythme diurne, l'état de santé, la faim, l'anticipation de plaisir ou d'aversion alimentaire, la consommation de cigarette ou de drogues, le statut nutritionnel, l'âge, le sexe, le nombre et la sensibilité des papilles gustatives ainsi que la morphologie buccale influencent la composition et le débit salivaire chez l'humain (Lenander-Lumikari *et al.* [1995], Johansson *et al.* [1994], Morse *et al.* [1983]).

3.2 Régulation

3.2.1 Centres nerveux

De façon intrinsèque, la sécrétion salivaire est d'abord contrôlée par le système nerveux (SN). Plus précisément, le SN parasympathique est constitué de fibres nerveuses ayant un effet sécréteur et vasodilatateur qui résulte en une salive aqueuse, claire et fluide à écoulement rapide. Un embranchement nerveux se rend aux sublinguales et sous-maxillaires tandis qu'un autre est dirigé aux parotides. Le SN sympathique exerce aussi un contrôle sur la sécrétion salivaire. L'influx nerveux est alors de type vasoconstricteur et les sécrétions s'en trouvent plus visqueuses et en concentration supérieure en différents constituants, notamment en α -amylase. Les molécules ont un poids plus élevé et la salive est riche en glycoprotéines (mucus). L'intérêt de ces centres de régulation prend toute son importance lors de l'activité physique, puisqu'ils sont alors mis à contribution. Concrètement, l'activation de l'un ou l'autre des axes du SN entraînera la sécrétion d' α -amylase. Sous l'influence du SN sympathique, sa concentration peut être alors de 20 à 50 fois supérieure. L'action du parasympathique résulte en une augmentation du débit salivaire et, par conséquent,

des quantités tout de même élevées d' α -amylase peuvent être trouvées (Froehlich, 1986). Toujours de façon intrinsèque, la composition en électrolytes et en protéines est affectée selon l'axe stimulateur : Schneyer *et al.* (1972) dans leur étude, relèvent des concentrations supérieures pour le potassium, le calcium, les protéines et le bicarbonate, sous l'influence du SN sympathique.

Mais le SN module également son action sous l'influence de facteurs extrinsèques. Par exemple, la contribution de chaque glande à la composition salivaire est modifiée en fonction de l'état physiologique : les ratios de contribution pour un humain au repos étant différents de ceux trouvés sous stimulation. La contribution des parotides est alors majorée contrairement à celle des deux autres glandes, où le pourcentage s'abaisse. Une étude de Morse *et al.* (1983) met en parallèle des échantillons de salive, recueillie sans stimulation de la sécrétion, chez des sujets en état de stress psychologique (précédemment à un examen chez le dentiste) comparativement à un état de relaxation. La salive a été récoltée pour les glandes sous-maxillaires et sublinguales. Ces deux glandes en état de relaxation sécrètent une salive d'une plus grande limpidité et de volume plus important et de concentration protéique réduite. De plus, une augmentation de l' α -amylase et des glycoprotéines de faible poids moléculaire ainsi qu'une élévation du pH ont été observées au niveau des sécrétions salivaires des sous-maxillaires.

3.2.2 Nature de la stimulation

Le premier élément à considérer lors de l'évaluation de la composition salivaire est la nature du stimulus. Déjà au début du 20^e siècle, Pavlov rapporte dans ses études sur les glandes digestives et les réflexes conditionnés, que la composition salivaire diffère selon l'aliment présenté. En fait, les systèmes digestifs sont mis en branle bien avant la dégustation proprement dite : la mention d'un aliment suffit à enclencher les réflexes de salivation chez l'humain, de même que l'humage ou la vision de celui-ci. Le contexte expérimental ainsi que les renseignements divulgués aux sujets lors des expériences sont donc des facteurs à considérer dans l'analyse des résultats. Plus

récemment Mattes (1997) publiait une revue de littérature sur la réponse physiologique à la stimulation sensorielle. Il rapporte que la stimulation (goût, odorat et toucher) parvient à faire passer le flot salivaire de 0.3 à plus de 1 ml/minute. Il note également l'impact des changements de débit sur la perception sensorielle. En effet, l'augmentation du débit salivaire mène à une augmentation de la concentration en sodium et accroît la sensibilité gustative.

Mais la technique de stimulation est également significative dans l'analyse de la composition salivaire. En effet, des différences dans la composition sont notées selon que la sécrétion de salive est récoltée par un écoulement naturel ou forcé (par succion ou par mastication de cire). Dawes *et al.* (1964) évaluent l'effet du type et de la technique de stimulation sur la composition salivaire provenant des parotides et sous-maxillaires. Les types de stimuli sont les suivants : cire, cristaux de fruits, sel, acide citrique et concentré de bouillon de viande. La technique de stimulation est quant à elle forcée ou mécanique comme c'est le cas pour la cire, ou encore naturelle, i.e. par des substances sapides. Les composantes salivaires évaluées sont le sodium, le potassium et le phosphate inorganique. Également, la contribution des glandes à la quantité de salive totale est évaluée. Il ressort que les équations des droites de régression, calculées à partir des données obtenues par la stimulation mécanique (cire) de la salive, sont significativement différentes de celles calculées à partir de la stimulation de la salive par les gouttes de fruits et le concentré de bouillon de viande. Plus précisément, à flot salivaire élevé, la stimulation mécanique cause une sécrétion salivaire des parotides de 2 fois supérieure à celle des sous-maxillaires, alors que les stimulations par des substances sapides amène une production égale par les 2 glandes. Toujours dans cette étude, les auteurs trouvent que le pH, le calcium, le sodium, le potassium, l' α -amylase et les protéines sont indépendants de la nature du stimulus. Une exception est notée toutefois : lorsque le flot salivaire est supérieur à 1 ml/minute, la nature du stimulus affecte la concentration en α -amylase provenant des parotides. En effet, la teneur en α -amylase est supérieure lorsque la stimulation est produite par un concentré de bouillon de viande plutôt qu'avec des extraits de fruits ou de l'acide citrique. Les auteurs émettent l'hypothèse que cette production augmentée d' α -amylase pourrait être attribuable à une stimulation nerveuse provenant

du SN sympathique ou parasympathique sur les parotides. Le pourcentage de salive provenant des parotides étant élevé lors de stimulation, il serait logique de s'attendre à une augmentation de la concentration en α -amylase dans la salive mixte. Cette recherche suggère également un lien entre le SN sympathique, les catécholamines, l'AMP cyclique et l'activation de l' α -amylase.

La technique de stimulation peut être de deux types : forcée - ou mécanique -, comme c'est le cas lorsque la cire est utilisée; ou encore naturelle, i.e. lorsque des substances sapides sont utilisées comme stimuli.

3.2.3 Flot salivaire

Les auteurs s'entendent pour dire qu'une augmentation du flot salivaire entraîne des changements dans la composition salivaire. Toujours dans l'étude de Dawes *et al.* (1964), l'effet du flot salivaire et de différents stimulus (acide, sel, cire à mâcher, sable, etc.) est mesuré sur les constituants de la salive produits par les parotides et les sous-maxillaires. Leurs résultats montrent notamment que le pH de même que les concentrations en calcium et en sodium sont directement proportionnelles au flot salivaire. Le potassium, à l'opposé, n'est pas affecté par cette variable. La comparaison des études sur le sujet peut sembler apporter des conclusions contradictoires s'il y a omission des variables dépendantes explicatives. L'approfondissement des connaissances et l'évolution des techniques d'analyse des échantillons de salive permettent aujourd'hui d'avoir une meilleure validation et compréhension des données générées.

3.3 Modifications lors de l'activité physique

Lors de l'activité physique, les systèmes sanguins, respiratoires, nerveux et hormonaux sont perturbés et des variations dans les valeurs des paramètres mesurés s'ensuivent. La salive étant un fluide corporel, elle est également assujettie à des

variations lors des activités physiques. Son examen permet de mieux comprendre les mécanismes impliqués dans la modification du goût à l'effort. L'analyse de la salive se révèle maintenant une alternative moins invasive et coûteuse à la mesure de paramètres sanguins.

3.3.1 Protéines, électrolytes et flot salivaire

Parmi les protéines d'importance étudiées dans le domaine de l'activité physique en relation avec la perception sensorielle, l' α -amylase est au premier rang. Son augmentation induite par l'effort est soutenue par plusieurs auteurs. Gilman *et al.* (1979) trouvent une augmentation de l' α -amylase et du potassium provenant des parotides, lorsque des sujets effectuent une course de 1.93 km à intensité élevée. Également, une étude de Nexo *et al.* (1988) porte sur l'examen de la composition salivaire mixte, recueillie sous stimulation à l'aide de cire à mâcher, avant et immédiatement après un exercice intense de longue durée. Tous les paramètres évalués sont augmentés significativement après l'exercice soit : amylase, protéines, sodium et potassium. À noter, l'élévation en α -amylase était de l'ordre de 7 fois la concentration initiale.

Des concentrations supérieures en sodium et protéines après l'activité physique sont également observées par l'équipe de Salminen *et al.* (1963). Dans cette épreuve, les sujets devaient marcher pendant 2 heures avec une charge de 12 kg, lors d'un exercice modéré de longue durée. La salive mixte non stimulée est recueillie avant et immédiatement après l'activité physique. L'augmentation en potassium n'est pas jugée significative dans cette étude. Les auteurs soulèvent l'hypothèse que cette augmentation des teneurs en sodium et protéines pourraient être le reflet d'une concentration des constituants salivaires due à une perte d'eau (volatilisation) causée par la ventilation durant l'exercice.

L'équipe de BenAryeh *et al.* (1989) ont réalisé une étude auprès de 27 jeunes hommes qui ont effectué un test sur bicyclette ergométrique d'une durée de neuf minutes à 85% VO_2 max. La salive totale et non stimulée a été recueillie 90 minutes avant et

immédiatement après l'exercice. Une élévation non significative du cortisol a été remarquée ainsi qu'une élévation significative du potassium, des protéines et du lactate et une diminution significative du flot salivaire. Aucune élévation du calcium et du sodium n'a été trouvée. Un autre groupe a été formé pour réaliser le *Wingate anaerobic test*. Les valeurs recueillies étaient les mêmes que pour le précédent test, à l'exception du magnésium qui accusait cette fois une augmentation significative. Nakagawa *et al.* (1996) pour leur part ont trouvé un pouvoir tampon plus élevé suite à un exercice physique de 15 minutes sur bicyclette ergométrique (100 W, de 70 r.p.m. à 120 r.p.m.). Chicharro *et al.* (1994) ont établi une corrélation entre les valeurs salivaires de chlore et de sodium et les taux sériques de lactate ($r=0.82$) et de catécholamines ($r=0.75$). Ces résultats supportent l'utilisation de la méthode de collecte de la salive comme indicateur du seuil anaérobie. Une étude rapporte toutefois des résultats contradictoires aux précédentes, celle menée par Dawes (1981). L'épreuve réunissait 10 sujets pour une course à intensité modérée de 4.8 km à 12.9 km. La salive sécrétée par les parotides a été recueillie avant, immédiatement après et 3 heures après l'activité physique. Les niveaux de sodium, potassium, chlore, calcium, magnésium, bicarbonate et phosphate n'étaient pas significativement majorés après l'exercice. Une augmentation significative de la concentration protéique a été notée, attribuable selon les auteurs à une augmentation de l'activité β -sympathique affectant les glandes salivaires qui sous stimulation, augmentent leur sécrétion en protéines. Cette augmentation en protéines après l'activité physique concorde bien avec l'augmentation de la viscosité des sécrétions salivaires rapportées par les sportifs.

3.3.2 Endorphines et cortisol

L'activité physique enclenche la libération d'hormones telles les endorphines et le cortisol. Dans le cas des premières, elles sont libérées tant lors de stress émotionnel que physique. Selon McArthur (1985), les études rapportent en général une augmentation de l'ordre de deux à trois fois le niveau de base en β -endorphines. La différence trouvée dans les niveaux de β -endorphines dépend d'ailleurs de l'état de santé des sujets. Une étude menée par Perna *et al.* (1997) auprès de patients souffrant d'insuffisance cardiaque démontre une libération nette de β -endorphine et de

noradrénaline plus faible chez les patients affectés que chez les sujets normaux. Au repos, les patients du groupe souffrant d'insuffisance cardiaque accusent des taux plasmatiques plus élevés en ces deux hormones que ceux trouvés chez les sujets normaux.

Deux études menées par Heitkamp *et al.* (1993 et 1996) démontrent que la libération des β -endorphines varie également selon le sexe. En effet, dans une étude auprès d'un groupe de femmes, les valeurs rapportées pour le niveau basal de β -endorphines et pour l'augmentation du niveau d'endorphines durant l'activité physique étaient plus faibles pour les femmes que pour les hommes. Dans les deux études, la concentration hormonale était mesurée immédiatement avant le marathon, à 60 et 120 minutes durant l'effort ainsi qu'à 3 minutes, 30 minutes et 24 heures suivant la fin de l'épreuve. L'évaluation des β -endorphines après le marathon était de 1.4 fois le niveau de base ($22 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$) chez les femmes. Le cortisol, également dosé dans ces études était augmenté de l'ordre de 2.2 fois le niveau de base ($17 \text{ microg}\cdot\text{dl}^{-1}$), 30 minutes suivant l'épreuve, toujours chez les femmes. Finalement, une revue sur le sujet, élaborée par Goldfarb *et al.* (1997), rapporte ce qui suit :

"Exercise of sufficient intensity and duration has been demonstrated to increase circulating beta-endorphin levels. Previous review have presented the background of opioids and exercise and discussed the changes in beta-endorphin levels in response to aerobic and anaerobic exercise. Exercise-induced beta-endorphin alterations are related to type of exercise and special populations tested, and may differ in individuals with health problems. Additionally, some of the possible mechanisms which may induce beta-endorphin changes in the circulation include analgesia, lactate or base excess, and metabolic factors. Based on the type of exercise, different mechanisms may be involved in the regulation of beta-endorphin release during exercise."

Le cortisol est également d'intérêt pour la mesure de la réponse du SN lors de l'activité physique. Filaire *et al.* (1996) soulèvent à cet effet l'influence du type d'activité physique et du niveau d'entraînement sur les niveaux de cortisol salivaire sécrétés. L'étude était menée auprès de trois groupes de femmes: sédentaires, joueuses de handball et nageuses. Les résultats de cette étude révèlent que le niveau de cortisol salivaire est significativement plus élevé après par rapport à avant l'activité physique chez le groupe jouant au handball. Cette différence n'apparaît pas chez les nageuses ni chez les femmes sédentaires. L'expérience démontre également que la concentration salivaire en cortisol varie avec l'intensité de l'effort. Le type d'activité physique semble

donc influencer les valeurs en cortisol salivaire. Une étude menée par Del Corral *et al.* (1994) avait pour but de quantifier les niveaux sériques et salivaires de cortisol chez des jeunes garçons de 10 ans, les sécrétions de salive étant stimulées mécaniquement à l'aide de cire à mâcher. Des échantillons sont recueillis avant, pendant et après l'épreuve de niveau modéré (70% VO₂ max.) et de courte durée (30 minutes). L'analyse montre une élévation des concentrations salivaires à $p=0.08$, niveau jugé non significatif. Les concentrations sériques sont significativement supérieures après l'activité physique. Les travaux de Ben-Aryeh *et al.* (1989) appuient ces résultats en trouvant une élévation, jugée non significative du cortisol sérique et salivaire. Un troisième groupe, Stupnicki (1992) s'est également penché sur l'évaluation de la teneur en cortisol dans la salive et le sang. L'investigation est faite sur 78 hommes adultes et la salive est récoltée par stimulation avec des cristaux d'acide citrique. Les échantillons sont recueillis avant et deux minutes après l'activité physique de courte durée, à intensité maximale. Une différence significative est ressortie entre la valeur moyenne pour le cortisol obtenue avant et après l'activité physique. Les auteurs concluent à une meilleure corrélation entre les différences des taux de cortisol avant/après lorsque dosés dans la salive plutôt que dans le sang. Une étude menée par Port (1991) corrobore celle pré-citée. Les sujets doivent effectuer un exercice intense, répétitif et de courte durée, les échantillons de salive étant recueillis après chaque session d'effort. La salive est stimulée par mastication de cire. On trouve une augmentation significative de la concentration salivaire en cortisol après l'activité physique, la valeur maximale étant atteinte 10 minutes après la fin de l'épreuve. Cook *et al.* (1987) ont pour leur part évalué les concentrations en cortisol salivaire chez des hommes adultes, lors d'un marathon de 42 km. Les échantillons sont recueillis sans stimulation de la sécrétion, à des distances de parcours préétablies et jusqu'à 30 minutes après la fin de la course. Les concentrations en cortisol augmentent de façon significative et ce, même avant le début de l'épreuve, laissant supposer ici que le stress ait une influence non négligeable sur cette variation. Une augmentation significative est trouvée à 34 km, attribuable au phénomène dit de "frapper le mur", correspondant au moment le plus exigeant de la course et bien connu des coureurs d'élite. La valeur maximale est trouvée 30 minutes après la course.

Cette revue des différentes études explorant le domaine de la physiologie et de la régulation salivaire permet de voir toute la complexité de ce mécanisme. Les intrants

tels l'état physiologique, la réponse hormonale, le sexe, l'âge, le type et la durée de stimulation sont autant de variables expérimentales à contrôler. Les valeurs salivaires mesurées, composant les extrants, en sont donc toutes affectées de façon plus ou moins importante. Il demeure que le contrôle de toutes les variables est souvent techniquement impossible. À tout le moins, il importe de les connaître pour être alors en mesure d'estimer leur influence à titre d'erreur expérimentale. Ayant passé en revue les modifications des systèmes et composés du corps humain soumis au stress que constitue l'activité physique, l'analyse de la perception sensorielle s'ajoute comme résultante de ces facteurs modulateurs. La section suivante traite de la perception sensorielle lors de l'activité physique.

4. Perception sensorielle gustative

4.1 Bases physiologiques

L'appareil humain est doté de cinq sens distincts en inter relation étroite. Le sens de la gustation ne peut donc être étudié en faisant abstraction des autres sens. La vue - couleur -, l'ouïe - croustillant -, le toucher - texture - et l'olfaction - fraîcheur - seront donc des facteurs contrôlés dans le cadre des études sur la perception sensorielle. La *Conférence Benjamin Delessert* résumée par Cabanac (1994) et intitulée *Afférences sensorielles et contrôle de la prise alimentaire*, démontre la complexité du fonctionnement du tube digestif, des afférences sensibles ainsi que l'importance du plaisir sensoriel dans la détermination du comportement alimentaire.

"Le cerveau possède des propriétés qui ne peuvent pas plus s'expliquer par les propriétés de ses neurones constitutifs, que la vie ne peut s'expliquer par les propriétés atomiques ou moléculaires des constituants de la cellule vivante. La conscience est une telle propriété et on peut définir la sensation comme l'émergence de la sensibilité dans la conscience."

Au-delà de la physiologie humaine, il se trouve également une théorie voulant que le corps humain ait une connaissance intrinsèque de ses besoins nutritionnels. L'humain n'a-t-il pas, depuis toujours, inclus d'instinct dans son alimentation, nombre d'éléments nutritifs dont son corps a besoin pour survivre et être en santé ? Mattes (1987) affirme à ce sujet que la perception sensorielle ainsi que l'expérience liée à la digestion et à l'absorption sont des procédés qui influencent le choix et l'utilisation des nutriments chez l'humain. Chez les animaux par exemple, il est possible d'observer un ajustement post-prandial des choix alimentaires, en fonction de l'effet apporté par la consommation. De fait, ceux-ci associent l'ingestion d'une diète particulière aux conséquences métaboliques qu'elles ont apportées et basent leur consommation future sur cette connaissance. Pour pousser le questionnement et émettre une autre hypothèse, serait-il possible que les récepteurs sensoriels (ceux du goûter notamment) aient la capacité de moduler leur réponse en intensifiant leur sensibilité pour un élément nutritif manquant dans l'alimentation? Quelques chercheurs

ont exploré ce domaine bien spécifique. De ces recherches, il semble que l'existence du développement d'appétits spécifiques chez des animaux carencés en vitamines ou minéraux soit plausible (Bellisle, 1995). Une étude des plus révélatrice et surprenante, celle de Vazquez *et al.* (1982) démontre en effet qu'une carence protéino-énergétique (marasme) modifie la réponse sensorielle lors de la consommation d'une soupe supplémentée en acides aminés (tryptophane, tyrosine et cystéine) comparativement à une soupe contrôle non supplémentée. Pour cette étude, des enfants de 2 à 24 mois sont sélectionnés, les uns souffrant de marasme et les autres en santé. Les résultats démontrent que les enfants souffrant de malnutrition préfèrent la soupe supplémentée à la soupe contrôle, l'inverse étant observé pour le groupe d'enfants en bonne santé. Une autre étude est menée par Murphy (1986) auprès de personnes âgées souffrant d'une carence légère en protéines. Il trouve une préférence pour une soupe supplémentée en hydrolysats de caséine pour le groupe carencé, par rapport à une soupe non supplémentée pour le groupe contrôle. De même, la perception et la préférence pour la saveur sucrée chez des sujets atteints d'insuffisance rénale est modifiée par rapport à celles des sujets non affectés. Bellisle *et al.* (1990) émettent l'hypothèse d'une aversion pour le sucré causée par les conséquences désagréables qu'engendre sa consommation à long terme (imposée pour combler le besoin énergétique) sur la fonction rénale, théorie concordant avec celle du conditionnement négatif avancée par Mattes (1987). L'expérience est menée en présentant des échantillons de fromage et de sauce aux pommes ayant différentes concentrations en sucre. Pour les deux aliments, les sujets souffrant d'insuffisance rénale ont préféré les échantillons à plus faible teneur en sucre alors que les sujets bien portants ont préférés les échantillons les plus sucrés. Ici, une théorie autre pourrait toutefois être avancée : l'aversion pourrait résulter de l'effet de lassitude à long terme, engendré par l'imposition d'une diète riche en sucres aux patients souffrant d'insuffisance rénale. Ces patients pourraient logiquement préférer les aliments moins sucrés vue leur aversion induite pour le sucre. Les auteurs n'ont cependant pas considéré cette option.

Ces études mettent en lumière la relation probable entre le corps, ses besoins et ses préférences. Elles ne mentionnent malheureusement pas les seuils gustatifs des sujets étudiés. Ces données seraient utiles afin de relier la préférence pour une saveur

(induite par une déficience physiologique) à la sensibilité pour celle-ci. Par exemple, dans l'étude de Vazquez *et al.*, les sujets carencés détectent-ils plus facilement la présence d'acides aminés dans la soupe ou autrement dit, leur seuil de perception sensorielle pour les saveurs aminées serait-il abaissé? La question demeure.

L'équipe de Verger *et al.* (1994 et 1992) suit la même ligne de pensée mais scrute les choix alimentaires des sportifs à différents intervalles pendant une activité intense. Différents menus (riches en glucides, lipides ou protéines) sont offerts à des sujets ayant participé à une séance d'entraînement de 2 h de même qu'à un groupe resté inactif pendant cette période. L'examen de la consommation révèle que l'apport en protéines du groupe actif est supérieur à celui du groupe au repos. Le pourcentage des calories provenant des glucides et des lipides ne diffère pas de façon significative. Cette étude tend à démontrer que l'humain module sa consommation et donc son attirance pour certains aliments en fonction des activités physiques qu'il pratique.

Julia Oriani publiait une thèse en 1991 traitant de la perception des saveurs en fonction du style de vie - sédentaire et actif -, du pourcentage de graisse - obèse et non obèse - et de l'âge - jeune et âgé. Pour la première catégorie, sédentaire et actif, les données sont regroupées en croisement des 2 autres, les actifs obèses étant comparés aux actifs non obèses, etc. L'étude consiste à la comparaison des seuils de détection des saveurs de base. La comparaison des résultats obtenus pour les sujets actifs et sédentaires montre des seuils de détection inférieurs pour les sujets actifs pour la saveur sucrée et amère. En restreignant la comparaison du niveau de l'activité physique aux sujets âgés et non obèses, il ressort un seuil de détection significativement plus bas pour les sujets actifs que pour les sédentaires. Les seuils sont en effet abaissés pour la saveur sucrée, acide et amère. Également, une analyse en composantes principales (*Principal Component Analysis*) a été menée afin d'analyser les résultats de l'évaluation de produits de boulangerie à différentes teneurs en sucre et matières grasses. La juxtaposition des sujets sédentaires et actifs montre que ces derniers trouvent le pain de blé plus gras, plus tendre, moins sucré et salé et les bâtons aux graines de sésame plus secs comparativement au groupe sédentaire. Ces divergences intergroupe illustrent bien l'effet de la condition physique sur la perception sensorielle.

Certaines substances endogènes peuvent apporter des modifications dans le comportement alimentaire. Une étude de Drewnowski (1992) met en lumière l'effet des peptides opioïques endogènes sur l'attirance pour les aliments sucrés et riches en matières grasses chez l'humain. Le plaisir relié à la consommation d'aliments spécifiques (tels le chocolat) serait en effet attribuable à la sécrétion de ces peptides opioïques par l'organisme. L'administration de substances antagonistes telles le naloxone et le naltrexone ont permis d'observer une réduction dans la consommation d'aliments riches en matières grasses chez des rats et des souris souffrant d'obésité. D'autre part, l'addition de substances opioïdes telles la morphine et le butorphanol crée une augmentation de la consommation d'aliments riches en gras.

4.2 Température, concentration et pH

Les températures de la cavité buccale et de l'aliment évalué peuvent faire varier la réponse sensorielle. Moskowitz (1973) a mené une étude sur l'effet de la température et la concentration des solutions de base - acide, sucré, amer et salé - sur la PS. Empruntant à la psycho-acoustique une modélisation mathématique de la perception du bruit, cette étude établit la relation entre la température, la concentration et la nature du stimulus sur la perception sensorielle. Les 4 saveurs de base, évaluées à quatre températures (0, 22, 37 et 55°C) sous 4 concentrations et à pH neutre contrôlé, ont été testées par 9 sujets. Les conclusions tirées de cette expérience soutiennent que l'augmentation de la température de la solution n'affecte pas la pente de la relation entre l'intensité perçue et la concentration. Par ailleurs, seules les solutions sucrées et salées montrent une dépendance par rapport à la température et seule la solution à 55°C affiche un taux de croissance constant, une augmentation de 1°C conduisant à une augmentation de 2% de l'intensité de saveur salée. Il est clairement démontré dans l'étude que la perception sensorielle atteint une valeur maximale lorsque les solutions sont évaluées à 35°C, température correspondant à celle de la cavité buccale. Ces résultats soutiennent les observations de Sato (1967) démontrant que la réponse sensorielle dépend du composé, de sa concentration et de

sa température. D'autres auteurs arrivent à des conclusions divergentes, mais ceci est attribuable au fait que l'investigation est alors restreinte au niveau des concentrations ou des températures. Par exemple, pour la saveur salée à faible concentration, la perception sensorielle est plus élevée à 10°C qu'à 40°C. Cependant, pour des concentrations plus élevées en sodium, l'intensité maximale se trouve à 30°C.

Le pH de la solution, autre facteur impliqué dans la réponse sensorielle, vient altérer la réponse sensorielle pour les saveurs de base. Stone *et al.* (1969) démontrent une diminution marquée de la perception sensorielle pour des solutions sucrées à partir de différentes molécules glucidiques, à mesure que le pH diminue. Plus précisément, une diminution du pH de 5.8 à 2.7 cause une décroissance de 50% dans l'intensité de la perception sucrée. Cependant, la température, variant de 5 à 50°C, n'altère pas de façon significative la perception sensorielle pour des saveurs sucrées - bien qu'une tendance ascendante constante soit notée. Les solutions sont évaluées à pH=4, plutôt qu'à neutralité comme dans l'étude de Moskowitz; ceci pourrait expliquer les conclusions divergentes obtenues.

L'équipe de Pangborn *et al.* (1970) a concentré ses travaux sur la relation entre la saveur salée, la température et la concentration sur la perception sensorielle pour un aliment. Les résultats concordent avec ceux de Moskowitz puisque la perception de l'intensité de la saveur salée est supérieure à 22 et à 37°C qu'elle ne l'est à 0 et à 55°C, adhérant ainsi à la théorie où la perception sensorielle est supérieure aux températures s'approchant de celle de la cavité buccale. La relation a été vérifiée pour quatre niveaux de concentration de saveur salée et s'est avérée confirmée dans tous les cas.

4.3 Flot, composition et stimulation salivaire

Le flot salivaire est une composante importante dans l'étude de la PS. Le taux de sécrétion de base de la salive est de 37.1 ml/h, augmentant à 203 ml/h sous stimulation par la gomme à mâcher et à 55.1 à 97.1 ml/h par stimulation gustative (Mattes, 1987). L'étude du flot salivaire est d'intérêt car son influence sur la

composition salivaire et la vitesse des réactions chimiques entraîne une modification dans la PS. La réponse salivaire influence le métabolisme des nutriments ingérés par la composition en enzymes digestives, par son effet sur le mécanisme de vidange gastrique et enfin par son rôle physique sur la formation du bol alimentaire qui permet le passage des aliments à travers le tube digestif. En réalité, deux théories s'affrontent sur cette question. La première veut qu'une diminution du flot salivaire empêche la dilution de la saveur et entraîne une augmentation de l'intensité gustative résultant de la concentration plus élevée en substrat. La théorie opposée stipule que la diminution de la quantité de salive freinera la diffusion des saveurs aux papilles gustatives, entraînant une diminution de la PS. D'autre part, une théorie récente avance qu'il existe deux groupes qui se distinguent au niveau de leur flot salivaire. Suivant cette théorie, il est donc essentiel de traiter ce facteur comme variable indépendante dans l'élaboration des protocoles expérimentaux. À ce chapitre, une étude révélatrice et récente de Fischer *et al.* (1994) examine de près l'effet du flot salivaire sur la perception sensorielle temporelle des saveurs astringentes et amères. Les sujets sont regroupés selon leur flot salivaire. Il appert que pour les sujets ayant un flot salivaire lent, le temps requis pour atteindre l'intensité maximale de perception sensorielle est plus long, que le stimulus dure de deux à cinq fois plus longtemps et que l'intensité maximale perçue est également plus élevée, phénomène plus marqué pour la saveur astringente. Cette observation s'avère plus prononcée lorsque le substrat expérimental est à $\text{pH}=3.6$ plutôt qu'à $\text{pH}=3.0$. Fait intéressant, le pouvoir tampon de la salive est saturé à $\text{pH}<3.0$. Les auteurs rejettent l'hypothèse d'une dilution des solutions administrées pour le groupe à flot salivaire rapide comme explication des différences obtenues, le volume de salive n'étant pas suffisamment important pour justifier celles-ci. Cette étude entérine les résultats trouvés par Norris *et al.* (1984) qui révèlent un pouvoir tampon salivaire plus faible chez le groupe à flot salivaire lent et une meilleure discrimination entre des solutions acides à différentes concentrations. Toujours pour ce groupe, les seuils de détection et de reconnaissance des saveurs acides, sont également plus bas. Peu d'études font état ni ne tiennent compte de ce facteur qui pourrait éclaircir les conclusions divergentes rapportées au chapitre de la perception sensorielle lors de l'activité physique.

Une étude de Christensen *et al.* (1984) consistant à induire une réduction du flot salivaire de 30 à 75% par l'administration de médicaments, permet de mesurer l'effet du flot salivaire sur le seuil de perception sensorielle des saveurs de base. Aucun effet significatif sur le seuil de perception gustative des saveurs de base n'est trouvé. Cependant, l'atropine produit une diminution du seuil de perception pour l'acide citrique qui est associée à la plus importante réduction du flot salivaire.

Dans une étude de Dawes *et al.* (1964), la nature de l'élément stimulant la sécrétion est mis en regard du flot salivaire. Divers stimuli sont utilisés dont : gouttes à saveur de fruits, bouillon de viande, sel, bicarbonate de sodium, acide citrique et acétique. Le pH, les concentrations de calcium, de sodium, de potassium, d' α -amylase et de protéines sont jugés comme étant indépendants de la nature du stimulus. Une exception est notée toutefois : lorsque le flot salivaire est supérieur à 1 ml/minute, la nature du stimulus affecte la concentration en α -amylase provenant des parotides. En effet, la teneur en α -amylase est supérieure lorsque la stimulation est produite par un concentré de bouillon de viande qu'avec des extraits de fruits ou de l'acide citrique. Les auteurs émettent l'hypothèse que cette production majorée d' α -amylase pourrait être attribuable à une stimulation nerveuse provenant du système sympathique ou parasympathique sur les parotides.

Si le flot salivaire est un élément important dans la perception sensorielle, la composition salivaire l'est implicitement puisque ces deux variables sont dépendantes. Une étude menée par Birch *et al.* (1979) mesure l'effet de la composition glucidique salivaire et plasmatique sur la perception sensorielle de six sujets. Les résultats montrent que le seuil de perception sensorielle n'est pas affecté suite à l'ingestion de solutions de glucose contenant 10 et 50 g de substrat et ce, après cinq et 30 minutes d'ingestion. Malgré l'élévation de la concentration salivaire en glucose suite à l'ingestion de la solution à 50 g, le seuil de perception demeure inchangé. La conclusion étonnante mais d'intérêt de cette étude tient au fait que l'augmentation du glucose plasmatique n'influence pas la perception sensorielle *au seuil* de la saveur sucrée. La glycémie ne serait donc pas un facteur d'explication des modifications dans la perception sensorielle à l'exercice. D'autre part, VanRuth *et al.* (1995) ont étudié l'effet de la température, du volume de la cavité buccale, du flot salivaire ainsi que de la mastication sur la libération des composés volatiles de la salive, par l'utilisation de modèles mécaniques. Les conclusions rapportent que le mucus et l' α -amylase causent

une diminution relative de la libération des substances volatiles. L'augmentation du taux protéique de la salive pourrait donc mener à une atténuation de la perception sensorielle, résultant de la diminution de la volatilisation des composés aromatiques, volatilisation qui permet la perception sensorielle des saveurs.

Une autre équipe, celle de Delwiche *et al.* (1996) étudie l'effet de la mastication sur la concentration salivaire et le seuil de perception du sodium. Il ressort de cette étude que la mastication cause une élévation de la concentration salivaire en sodium d'où résulte une détection diminuée pour cet électrolyte. Cette dernière étude, comparée à celle menée par Birch suggère que les méthodes expérimentales utilisées pour l'étude de la perception sensorielle peuvent influencer les résultats découverts. Également, la réponse sensorielle semble être variable dépendant de la substance évaluée (sel ou sucre) et de sa concentration (seuil ou supra-seuil). Par ailleurs, la composition salivaire préalable (teneur en protéines et bicarbonate) ainsi que son flot sont des facteurs à considérer.

L'équipe de Matsuo *et al.* (1992) pose l'hypothèse que les constituants salivaires sont responsables de la variation de la perception sensorielle. Ils étudient la réponse sensorielle pour les quatre saveurs de base (salé, sucré, acide et amer) lorsque la langue est imprégnée (ou adaptée à) d'une solution salivaire versus imprégnée d'une solution salivaire distillée (ne contenant donc pas d'électrolytes). Lors de l'administration de la solution de sucrose (0.5M), la réponse de la corde du tympan (nerf stimulé lors de la sensation gustative) est majorée de 30% à 67% suite à l'adaptation avec une solution salivaire, alors qu'elle reste similaire suite à l'adaptation avec la salive distillée, suggérant que les minéraux soient responsables de l'altération de la réponse sensorielle.

4.4 Activité physique

L'influence des systèmes nerveux - sympa/parasympathique -, mécaniques - mastication, rythme cardiaque -, digestifs - faim et satiété -, psychologique - aversion, envie - et physiologiques - âge, sexe - sur la composition des fluides corporels dont la

salive, ne fait aucun doute. L'activité physique est un des paramètres qui enclenche et perturbe nombre de ces systèmes, menant à des modifications notables dans la composition salivaire. D'autre part, la perception sensorielle est tributaire de la composition salivaire. Il est donc justifié de s'attendre à une modification de celle-ci lors de l'activité physique. Depuis cinq ans seulement, le domaine de la modification de la perception sensorielle à l'activité physique intéresse la communauté scientifique. L'équipe de Meyer *et al.* (1994) s'est penchée sur l'évaluation sensorielle de jus de fruits lors d'activités physiques. Vingt-quatre enfants ont été soumis à une activité physique de 90 minutes à 50% VO₂max, alternant bicyclette et repos par périodes de 15 minutes. Les résultats montrent que l'acceptabilité - sur une échelle de neuf points allant de super mauvais à super bon - augmente pour toutes les saveurs présentées de jus, de même que pour l'eau. Cependant, l'intensité perçue - niveau de sucre, sel, acide - des jus n'est pas modifiée de façon significative, 15 minutes après l'activité physique comparativement au repos, mis à part peut-être, une tendance à la hausse pour la perception de l'intensité de la saveur sucrée en fin de l'activité physique. Si l'hypothèse d'une altération de la perception sensorielle est plausible par l'effet du travail physique sur la modulation des systèmes corporels, il est justifié de s'interroger sur l'effet d'un stress physique ou d'une fatigue mentale sur celle-ci. L'étude menée par l'équipe de Nakagawa *et al.* (1996), s'est penchée sur l'évaluation des changements dans la perception sensorielle lorsqu'induits par l'effort physique et mental. L'épreuve d'endurance consiste en une séance sur bicyclette ergométrique (100 W, 60 r.p.m.) pour 10 minutes. Quant à l'épreuve mentale, elle est d'une durée de 40 minutes. L'évaluation sensorielle est menée à l'aide d'un test de *Time Intensity*. Les échantillons évalués consistent en des solutions aqueuses de quinine - amertume -, acide citrique - acidité - et sucrose - sucré -, évaluées avant et immédiatement après l'épreuve sportive. Pour l'épreuve mentale, relativement à la valeur pré-test, une diminution dans la perception de l'intensité de la saveur amère est trouvée ainsi qu'une diminution de la durée de la perception des saveurs évaluées. Pour l'épreuve physique, aucune variation significative n'est signalée pour la saveur amère et sucrée. Pour la saveur acide, une diminution de l'intensité perçue et une tendance à la baisse de la durée de la perception sont annotées.

Au chapitre de la perception sensorielle, ces recherches récentes permettent d'identifier certaines variables à contrôler lors des études sur le sujet. Aucune théorie n'est encore scientifiquement éprouvée et d'autres études sont donc nécessaires à la compréhension de la modification de la perception sensorielle lors de l'activité physique.

Résumé

Cette revue met en lumière l'état actuel des connaissances dans les domaines de la physiologie et de la nutrition des sportifs ainsi que les facteurs reliés à la perception sensorielle. Au chapitre de la physiologie et de la nutrition du sportif, l'élément dominant demeure le maintien de l'hydratation par un apport hydrique suffisant tout en respectant les limites de tolérances corporelles. La supplémentation en minéraux n'est requise que pour les activités physiques de longue durée tandis que celle en glucides est habituellement recommandée après 60 minutes d'exercice. Le type de glucide et son osmolalité lorsqu'en solution doivent être considérés puisqu'ils contrôlent la vidange gastrique, la biodisponibilité corporelle et la saveur de la boisson. Autre facteur, le niveau des réserves en glucides corporels a un impact sur la performance sportive. La consommation d'une diète riche en glucides est donc recommandée pour les jours précédant une épreuve. Pendant l'activité physique, le maintien de la concentration en glucose plasmatique sera assuré par un apport externe en sucres. Également, cette supplémentation permet d'influencer à la baisse l'utilisation des lipides et du glycogène de réserve. Suite à l'activité physique, la restauration des réserves est optimale lorsqu'effectuée immédiatement après l'épreuve. Finalement, au niveau de l'apport protéique, les besoins des athlètes sont dans la majorité des cas rencontrés, puisque leur consommation moyenne se situe au-delà des besoins établis par la recherche.

Sur un plan plus commercial, l'examen des attentes des consommateurs face aux boissons pour sportifs, montre l'importance du contexte de la consommation. Et bien que les recommandations nutritionnelles soient assez précises, les compagnies productrices développent d'abord une boisson susceptible de plaire au consommateur. Les boissons pour sportifs contiennent donc en général une saveur de fruit, du sucre, du sodium et parfois d'autres électrolytes. Certaines sont additionnées d'agents fonctionnels tels le ginseng et le guarana mais l'efficacité de ces substances est rarement démontrée. Des motivations marketing sont la plupart du temps derrière ces ajouts.

Suivant toute logique, l'analyse de la composition salivaire lors d'une activité physique devient une piste pour la compréhension des phénomènes régissant la perception sensorielle. De fait, les changements notés au niveau de la contribution relative des différentes glandes à la salive mixte lors de l'activité physique, portent à croire que la salive serait un élément déterminant dans la modification de la perception sensorielle lors de l'activité physique. Parmi les changements remarquables, le flot salivaire, la concentration en différents électrolytes et la viscosité constituent des variables significatives. À ce jour toutefois, les sources littéraires d'explication de ce phénomène sont rarissimes. Des informations indirectes permettent de poser quelques hypothèses. Le développement d'appétits spécifiques pour combler les carences ou pour soulager certains maux en est un exemple. Également, les facteurs pouvant influencer la perception sensorielle, et par conséquent, susceptibles d'agir à titre de covariable dans l'analyse sont bien identifiés par quelques auteurs. Les variables peuvent être endogènes telles la température de la cavité buccale, la concentration, le flot et le pH salivaire, la carence nutritionnelle ou les affections chroniques. Elles peuvent aussi être exogènes telles l'activité physique, le contexte de dégustation, la température, la concentration et la nature de l'aliment. Puisque la modification de la perception sensorielle à l'effort reste un phénomène à comprendre sous bien des aspects, la présente étude s'inscrit dans cette sphère nouvellement explorée. Les deux études suivantes traitent d'abord des attentes et de l'appréciation sensorielle des boissons pour sportifs et par la suite de la modification de la perception sensorielle et de la composition salivaire lors de l'activité physique chez l'homme.

iii) Publications**First publication : Sensory Evaluation of Sports Drinks****Second publication : Sensory Perception and Salivary Composition after Physical Activity**

**Acceptability Ranking and Preferred Characteristics
of Sports-Type Beverages**

Authors: Durand Nathalie (Food Research and Development Center, St-Hyacinthe), Graveline Nancy (Food Research and Development Center, St-Hyacinthe), Martin Alex (Marketing Consultant, Montreal) and Ledoux Marielle (Department of Nutrition, Université de Montréal, Montreal)

**Submitted to: Appetite
Harcourt Brace & Company Limited
Foots Cray High Street
Sidcup
Kent DA14 5HP
Tel. 0181-300 3322
fax 0181-309 0807**

St-Hyacinthe, December 1998

Abstract

The objective of this project was to determine what sensory characteristics are desirable in a sports drink intended for the Quebec consumer. Athletes evaluated nine sports drinks during regular training that included various physical activity and also took part in a focus group in order to establish the sensory profile of the Quebec consumer's ideal sport drink. The results show that among the drinks evaluated, Powerade® and Gatorade® were the top-ranked brands for sensory acceptability, while Carbo Boost®, 100% Smart® and Orange Maison® ranked last. The sensory qualities considered the most important for a drink were its thirst-quenching effect followed by its taste, and energy supply. Texture and ingredients were also considered important by more than 50% of all respondents. For these athletes, the ideal drink should be juice-colored, consistent with its citrus or fruit taste. It had to have a watery consistency, be easy to drink and digest, and be non-carbonated. It might contain a few minerals and some sugar, without tasting too sweet. Finally, it should be free of ingredients with potential or unknown ergogenic properties.

Introduction

Consumer interest in sport drinks is increasing. To respond to the demand, companies should be able to develop a product that suits the desire of the target consumer. Also, coaches and nutritionists want to provide the best nutritional support to athletes they are working with. For these reasons, research in the area of the sensory acceptability of sport drinks is necessary. From a physiological point of view, Oriani (1991) found a difference in sensory perception depending on physical activity, body fat and age. Endogenic factors could also influence food preferences, even cravings via the opioid peptide system (Drewnowski [1992]). Before a drink is consumed, the appearance may play a major role in its sensory acceptability. As mentioned by Clydesdale *et al.* (1992), color influences the consumer's perception of thirst-quenching, sweetness and flavor intensity of a drink. The relationship between color and sweet taste were also explored by Roth *et al.* (1988). As for juice's flavor, orange and grape were preferred

over apple when tested with children (Meyer et al.,1994) . Ryan *et al.* (1991) compared the sensory acceptability for carbonated versus a non carbonated drink while Decombaz *et al.* (1992) looked into the influence of the tonicity of a drink on its sensory acceptability.

The present study is intended to determine the main criteria to be considered in the development of a sports drink for a specific target population.

Materials and Methods

This project was undertaken as a joint effort on the part of a company operating in the Quebec agri-food industry, the University of Montreal's Department of Nutrition, and the Food Research and Development Centre in St Hyacinthe, Quebec. Twenty-nine adults, 15 men and 14 women, aged between 18 and 40 years, were recruited, most from the city of St Hyacinthe, Quebec. All practiced strenuous physical activity for at least 20 minutes, twice a week or more, and had done so for at least the past six months. None smoked, and none suffered from chronic diseases or any condition likely to affect their sensory perception. Significant differences in food preferences between obese and thin persons, young and old persons, and active and sedentary persons have been described by Oriani (1991). Therefore, the selection of fit, non obese subjects with a narrow age range, makes it possible to eliminate the potential variations in sensory preference related to these factors.

Nine drinks, mostly marketed for use during physical activities and for sale in Quebec, constituted the experimental sample. Orange was the flavor selected, except in the case of three brands for which it was not available: Powerade® (lemon-lime), Smart Drink® (per-mango) and Snapple® (lemon iced tea).

The drinks were tasted under real conditions, i.e., while the subjects were carrying their regular physical activities such as swimming, aerobic dance, hockey and jogging. In order to familiarize the subjects with these sports drinks, all nine drinks were given to them, along with nine separate survey forms. During each exercise session, the subjects consumed one of the nine drinks. The type of physical activity was optional,

although two basic criteria had to be met: exercise had to be of high intensity and last at least 20 minutes. Only these conditions were imposed as a way of gathering data from each subject's actual physical training context. Also to this end, no directions were given to the subjects, except to fill in their comments on the survey forms provided. Since the forms were not collected immediately after they were filled out, each subject could write down his/her comments. The drinks could thus be consumed before and/or during and/or after the physical activity, depending on each subject's habits. The quantity consumed was also left *ad libitum*. The order in which the drinks were sampled was randomized, since the number of samples and subjects was sufficient to ensure a balanced random distribution. A time frame of six months was allowed so that each subject could sample all nine drinks. Each subject was contacted once during that time in order to ensure that the experimental protocol was being followed and to provide additional motivation.

The subjects were subsequently brought together to participate in focus groups, in order to evaluate the acceptability of the drinks being tasted and to determine which sensory characteristics were desirable. Each focus groups consisted of six to eight persons. Two groups were held at 1:30 p.m., the other two at 7:00 p.m., each lasting an hour and thirty minutes. The groups were led by a marketing specialist and were held in a closed room, without cameras or other monitors, apart from a person seated behind the group taking notes of the comments made. Subjects were seated at a round table with the discussion leader, with the note-takers seated behind the group. Refreshments and snacks were offered to the participants. The questions to be debated were listed and the sessions were planned ahead of time, allowing more concise analysis of the discussions. The following topics were reviewed during the sessions: 1) inventory of the subjects' consumption patterns during their physical activities, 2) evaluation of the acceptability of the drinks (ranked order), 3) determination of the characteristics that are considered most important, 4) evaluation of the subjects' degree of knowledge of nutrition, 5) identification of a target consumer group for each drink, 6) determination of their purchasing intentions, 7) compilation of each subject's assessment of the contents and labels of the drinks, and 8) identification of the subjects' reaction to a new concept: a sugar tablet affixed

to the drink bottle. In addition, two practical tests were done: acceptability ranking (Figure 1) and a selection of five characteristics out of 12 suggested, according to their importance in a sports drink. For the latter test, the subjects were in groups of two or three - depending on the number of subjects by session -, forming a total of 11 groups. The decision to put subjects in group for this part of the session, is to allow them to discuss about each suggested characteristic and then reach to a consensus for the group. The marketing specialist made sure that everyone could give his opinion. Separate consensus rankings of the 11 groups were then compiled (Table 1).

Results

The subjects' consumption patterns were evaluated during the first part of the sessions. The results show that the subjects consumed sport drinks only occasionally, preferring to drink juice, non-carbonated water, or lemonade.

Figure 1 above here.

Figure 1 shows the results of the forced choice acceptability ranking of the nine drinks. A total 25 subjects completed the ranking test. For practical reasons, three classes were established: Ranks 1-3, 4-6, and 7-9, with Rank 1 corresponding to the most acceptable drink. The results show that Powerade® obtained the highest relative frequency for the top class (Ranks 1-3), with 76%. Gatorade® followed closely with a score of 68%. Both these drinks also had the lowest percentage of rankings in the least acceptable class - rank 7 to rank 9 - with 4% of occurrences for Gatorade® and 12% for Powerade®. At the opposite end of the spectrum, Carbo Boost® ranked last for acceptability, with a relative frequency of 76%. The next least acceptable drinks were 100% Smart®, with 56%, and Orange Maison®, with 48%. The main faults cited for the latter drinks were: artificial color and flavor and excessively sweet taste, a soapy aftertaste and a syrupy, irritating texture in the throat. Positive comments made about some of the drinks were their naturalness, their refreshing and thirst-quenching properties, their attractive color and their tart taste. In order to determine the most

important sensory characteristics for the drinks, the 11 groups of subjects (2-3 subjects each) were required to choose 5 characteristics from among 12 suggestions. Table 1 shows the number of times each characteristic was chosen by a group. Thirst-quenching quality was chosen by all 11 groups for a frequency of 100%.

Table I above here.

Its importance was all the more marked for having been positioned in the first and second ranks by six out of the 11 groups. Flavor was also important, having been chosen by ten out of the 11 groups, giving it a relative top-rank frequency of 91%. The drinks' perceived energizing effect was also selected by nine out of the 11 groups (82%), but two of these placed it in the fifth rank. Texture and ingredients were characteristics which obtained scores of 73% and 64% respectively, but which were never placed in the top rank. Characteristics rated below 50% were digestibility (36%), aroma (18%), astringency (18%), carbonation (18%), and color (0%).

Following this test, the subjects were asked to define the ideal sports drink as they imagined it. Compilation of the comments suggest the following product profile: the drink should be pale in color; some subjects favored a sparkling drink. It should be reminiscent of juice, and above all, its color must be consistent with its flavor. It should contain no more than a small amount of sugar, sodium and potassium. Ergogenic additives and substances were not welcomed by the subjects, since these properties were rarely explained, and not knowing what they were drinking was very disagreeable. Subjects preferred a watery, non-carbonated consistency which leaves no film on the palate, and no sweet or bitter aftertastes. The drink should be easy to consume and digest. Citrus and fruit flavor such as berry, apple, or pear were preferred, as were some combinations of two fruits, such as lemon-lime, apple-pear, grape-currant, or strawberry-grapefruit.

The subjects had limited knowledge of nutrition, most of which reflected marketing messages conveyed by the companies. It appears that what influenced the subjects was the image projected by the words, rather than the established nutritional properties; they were aware of labeling such as "natural" and "no additives" without being able to define them accurately or agree on a definition. Nonetheless, they were

aware of the ingredients' list, declaring that it had to be as short as possible. Ingredients considered undesirable in drinks were ginseng, herbs, stimulants (cola nut, spirulina, caffeine), gum and other texturizers, as well as sugar not derived from fruits. Half of the panel liked the idea of a diluted juice; the other half preferred to dilute the drink themselves, or disliked the idea of paying for water.

The subjects were next asked to group the drinks by target consumer group they felt was appropriate. Here the focus groups' answers tended to be relatively unanimous: Snapple® targeted people seven to 77 years old, hikers, and race-walkers; Gatorade®, All Sport® and Powerade® were aimed at adolescents who wanted to look "in"; Orange Maison® was supposed to be a breakfast drink; Carbo Boost® and Ener Carb® were for bodybuilding; Smart Drink® and 100% Smart® were meant for "health food nuts" and "parties". As far as intention to buy was concerned, it was highly personal and motivated by factors which could not be studied within the scope of the focus groups. Perusal of the ingredient lists and labels on the drinks proved informative. The subjects felt the container should be made of transparent, preferably crushable plastic, in a 500-ml format with a fairly large neck of the size of All Sport®. The subjects felt increased confidence when nutrient analysis tables were included on labels. These should carry clear, legible information. Finally, the idea of a sugar tablet on the bottle was rejected by a majority of participants, since the concept reminded them of a drug product or a chemical additive. Those subjects who were in favor of this idea liked the versatility it brought to the drink. They had the choice of controlling what they were drinking and could vary their caloric intake according to their energy expenditure.

Discussion

The sensory evaluations reported by the subjects in this study are the reflections of what Cabanac (1994) calls the "emergence of sensitivity in consciousness," in the sense that the motivation for the choices reported is a consequence of a series of selection criteria which are more or less conscious. Comments made by subjects selected for the present study constitute a component of behavioral study of the

Quebec consumer and should be interpreted in this context. This is especially true for descriptions of the "ideal" sports drinks. Motivations for dietary choices are also a reflection of such endogenous bodily components as opioid substances (endorphin, butorphanol) secreted by the body and exuded through mechanisms which are not yet entirely understood (Drewnowski, 1992). Acceptability ranking of nine sports drinks currently sold on the Quebec retail market made it possible to obtain, under actual conditions of physical activity, an assessment profile for this type of drink. The focus group was also able to provide a list of the characteristics of an ideal sports drink. In this project, the drinks preferred by the subjects were Powerade® and Gatorade®. Among the drink characteristics deemed to be most important, thirst-quenching properties, flavor, and energizing effect were ranked first. The much lesser importance of carbonation supports findings of Ryan *et al.* (1991) where similar rates of ingestion for carbonated and non-carbonated drinks were found. It is important to bear in mind, however, that the selection of the 5 most important characteristics was obtained assuming a drink with no major defects. In a real life, if a drink presents a major problem, such as a greyish color, then color becomes a very important characteristic. Finally, certain characteristics such as tonality which are difficult for consumers to discern, have an appreciable sensory influence. A study reported by Decombaz *et al.* (1992) showed that isotonic drinks were preferred over hypotonic ones. In the present study, it is unfortunately not possible to evaluate to what extent this factor may have affected reported acceptability, because the precise beverage composition (ingredients and/or amount) was not available for Snapple®, Smart Drink® and Orange Maison®. In light of these unconscious motivations, the sensory characteristics for sports drinks should be evaluated. Clydesdale *et al.* (1991) studied drink color, and its influence on the perception of sweet taste, on taste intensity, on sensory acceptability and on thirst-quenching effect is clearly demonstrated. Another study by Roth *et al.* (1988) shows the same tendency, as does that of Mattes (1997), in which the influence of the appearance of a foodstuff on sensory response is demonstrated.

This study also shows that the image of a product, its packaging, its color and the messages conveyed through its marketing orient the opinion of the consumer to a notable extent. The marketing effort is thus not vain, nor is there a lack of return on investment. However, in many drinks, the nutritional content unfortunately remains

a mere marketing ploy. Any energizing or functional property of the ingredients added to certain drinks' remains to be proved scientifically. Research in this area would be desirable, as there would be increased disclosure of sound scientific information.

Bibliography

Cabanac, M. "Afférences sensorielles et contrôle de la prise alimentaire." Department of Physiology, Faculty of Medicine, Université Laval, Quebec G1K 7P4 Canada, 1994.

Clydesdale, F.M., Gover, R., Philipsen, D.H. "The effect of Color on Thirst Quenching, Sweetness Acceptability and Flavor Intensity in Fruit-Punch Flavor Beverages." *Journal of Food Quality*: 1992, 15, 19-38.

Decombaz, J., Gmuender, B., Daget, N., Monoz-Box, R., Howald, H. "Acceptance of Isotonic and Hypotonic Rehydrating Beverages by Athletes During Training." *International Journal Of Sports Medicine*: 1992, 13(1), 40-46.

Drewnowski, A. "Food Preferences and the Opioid Peptide System." *Trends in Food Science & Technology*: 1992, 31, 97-99.

Mattes, R.D. "Physiologic Responses to Sensory Stimulation by Food: Nutritional Implications." *J. Am. Diet. Assoc.*: 1997, 97, 406-413.

Meyer, F., Bar-Or, O., Salsberg, A., Passe, D. "Hypohydration During Exercise in Children: Effect on Thirst, Drink Preferences and Rehydration." *International Journal of Sport and Nutrition*: 1994, 4, 22-35.

Oriani, J.A. "Physical Activity, Body Fat, and Age-Related Differences in Flavor Perception Demonstrated by Sensory Evaluation of Baked Products." U.M.I. Dissertation Services. Order Number 9202107: 1991.

Roth, H.A., Radle, L.J., Gifford, S.R., Clydesdale, F.M. "Psychophysical Relationships Between Perceived Sweetness and Color in Lemon- and Lime-Flavored Drinks." *Journal of Food Science*: 1988, 53(4), 1116-1119.

Ryan, A.J., Navarre, A.E., Gisolfi, C.V. "Consumption of Carbonated and Noncarbonated Sports Drinks During Prolonged Treadmill Exercise in the Heat." *Intern. J. Sport Nutrition*: 1991, 1(3), 225-239.

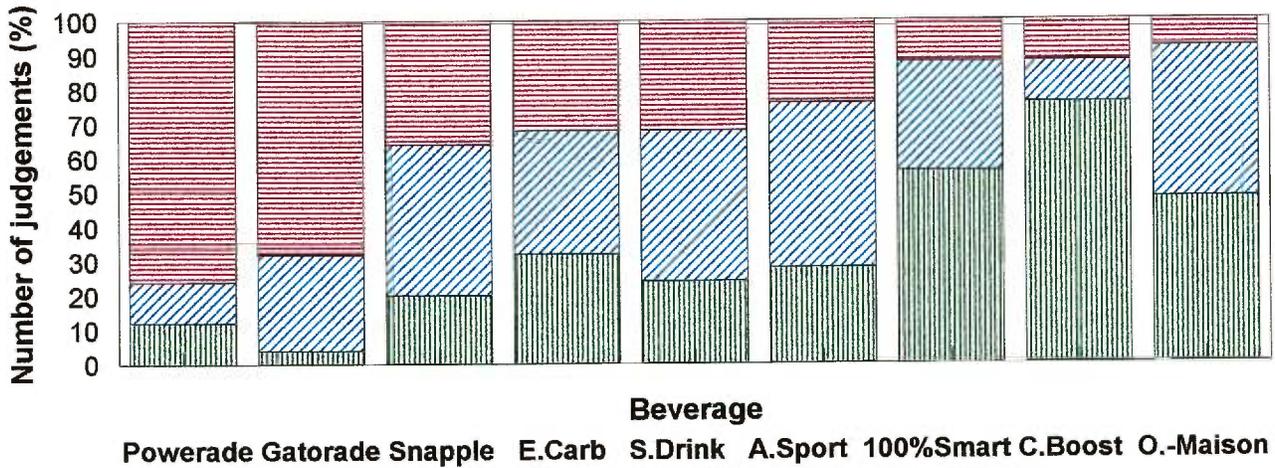


Figure 1 : Acceptability ranking of nine beverages (n=25)

Question: "Rank the nine drinks from the most to the least acceptable"
1 = most acceptable and 9 = least acceptable

Table 1 : Selection of the Five Most Important Characteristics out of Twelve Presented

Characteristics	Number of groups* (total =11)	
	(#)	(%)
thirst-quenching	11	100
flavor	10	91
energizing effect	9	82
texture	8	73
ingredients	7	64
digestibility	4	36
carbonation	2	18
aroma	2	18
astringency	2	18
color	0	0

* Groups consisted of 2 or 3 subjects. Results represent group consensus.

Sensory Perception and Salivary Composition after Physical Activity

Authors : Durand Nathalie (Food Research and Development Center, St-Hyacinthe), Graveline Nancy (Food Research and Development Center, St-Hyacinthe), Laberge Claude (Statex, Quebec), Brisson Guy (INRS, Montreal), Ledoux Marielle (Department of Nutrition, Université of Montréal, Montreal).

**Submitted to : Chemical Senses
a/s Dr. T.E. Finger
Department of Cellular and Structural Biology,
University of Colorado Medical School,
4200 E. Ninth Avenue, B-111,
CO 80262, USA**

St-Hyacinthe, December 1998

Nathalie Durand, Food Research and Development Center, 3600 Boul. Casavant Ouest, St-Hyacinthe, Québec, Canada, J2S 8E3
Tel: (514) 773-1105. Fax: (514) 773-8461. E-mail: DURANDN@EM.AGR.CA

Abstract

This study evaluates sensory perception (SP) and salivary composition (SC) in men after intense physical activity (PA). To this end, soccer players evaluated the sweet and fruity intensity of a sports drink before and after four random soccer matches. Type of fluid intake during matches was restricted to either water or the sport drink. The sensory evaluation (SE) questionnaire consisted of a six point categorical intensity scale for sweetness and fruity flavor. A sample of saliva was taken before and immediately after soccer games. Eight parameters of SC were measured on each sample. The actual SC found was then compared with the SP.

The results of this study show that perception of sweet taste (PST) and perception of fruity flavor (PFF), both confounded factors, do not differ significantly post-PA versus pre-PA. However, taking into account the type of fluid intake during PA, SP decreases post-PA when water is consumed, while it increases when the sports drink is consumed. For the majority of subjects, increase in sweet taste is greater following the sports drink intake than the water intake. Analysis of SC revealed higher salivary concentrations of Na, Cl, K, proteins, cortisol and urea following PA. There is a significant negative correlation between Na and PST, and between Na, Cl, Mg and PFF. The present study demonstrated that sensory perception is modified after PA but is dependent on the type of liquid consumed during PA. The factors that govern this finding are not yet completely understood and more studies are needed to explain this relationship.

Introduction

Exploration of taste response during rest and during PA is a complex phenomenon, with multiple factors and causes. Modification of sensory perception after PA, if it occurs, should thus be observed from various angles. Nakagawa *et al.* (1996), studied perception of taste intensity and found that SP after PA does not differ significantly from resting values. However, maximum intensity of acid taste did decrease, suggesting that sensory response is a function of the substance evaluated. One factor that could influence SP during PA is the salivary composition. Several authors, such as Salminen (1963), Birch (1979), Nexo (1988) and Ben-Aryeh (1989) found significant changes in electrolytes, protein and cortisol concentration in saliva post-PA versus pre-PA. It was also found by Matsuo *et al.* (1992) that when the tongue of rats were adapted to whole saliva, the magnitude of neural response to sucrose was about 2 times that obtained when the tongue was adapted to distilled saliva. These changes were dependent on the concentration of electrolytes of the saliva. These data lead us to the hypothesis that salivary constituents could be in part responsible for the change in SP after PA. Level of hydration is also suspected to influence sensory perception of sweet and fruit flavor, according to the theory of a survival mechanism described by Vazquez *et al.* (1982) by which the body responds to a depletion in nutriment by increasing its sensitivity to this nutriment. Also, the consumption of sweet beverage during physical activity could have a certain satiety effect on subjects and then influence their sensory perception. The present study was therefore undertaken to study the perceived sweetness intensity before and after physical activity in relation with the salivary composition and type of fluid intake (water or drink) during the trial.

Materials and Methods

This project was undertaken as a joint effort on the part of a company operating in the Quebec agri-food industry, the University of Montreal's Department of Nutrition, and the Food Research and Development Centre in St Hyacinthe, Quebec. Fourteen men, aged between 35 and 50 years, were recruited from three amateur soccer teams. All subjects had practiced moderate physical activity for 20 minutes at least twice a week for more than six months. They were recruited on a voluntary basis and with no remuneration. Two players had to leave the study due to injury, reducing the number of subjects to twelve.

An orange drink developed specifically for this study was used for SE. This same drink was used as the fluid before, during and after soccer matches. Its composition - in g/100g - was as follows: 0.06% Na, 0.04% K and 7% carbohydrates. It was made from orange juice and grape concentrates and contained a natural orange aroma. Homogeneity of experimental treatments throughout this study was ensured by a single-formula and a single-lot production. Conclusions are therefore restricted to this sample. The subjects thus evaluated exactly the same drink for the entire duration of the trials and for all three activity periods (pre-, during, and post-PA). The samples were portioned during manufacturing, in 200 ml bottles of transparent glass. They were kept in a dark place at 4°C, up to the moment of consumption.

Since testing was performed using a real match situation with only two out of three teams being involved on each experimental day, the subjects participated in the protocol on different days. Randomization was established by considering the schedule, and by allowing for alternate consumption of water or sports drink as the

type of fluid intake by each subject during matches, the water/drink constituting one experimental sequence. Evaluations were maintained until the subjects had completed two experimental sequences. A total of eight soccer matches was necessary, for a duration of 2 months, to complete the test project.

Before each testing session, subjects were assembled at the Food Research and Development Centre (FRDC) at 4:00 p.m., having fasted since 1:00 p.m. They then provided a 7.5 ml sample of whole mouth saliva without stimulating salivary flow, nor spitting, in 50-ml conical *Falcon* tubes, which were immediately placed in an ice-water bath. They then entered the SE cubicles at the FRDC to sample the orange drink and complete the sensory score card (Figure 1). Although instructions for the subjects were written on the questionnaire, the test administrator reminded them that the SE had to be done individually. At 5:30, each of the subjects consumed the same balanced meal, provided by a catering service.

Figure 1 above here.

Soccer matches were held at 7:30 or 9:00 p.m., following a preestablished seasonal calendar, and lasted an hour and thirty minutes. In accordance with the experimental protocol, either water or drink was assigned to each subject. The subjects thus had access to either a one-liter water or orange drink bottle, kept at a temperature of 4°C. Consumption volumes were left *ad libitum*, and were noted for each subject. Consumption was permitted up to ten minutes before the end of the match, in order to avoid any residual traces of drink in the saliva samples. Subjects consumed the largest quantities of liquid during half-time. Immediately after the end of the match, at the soccer field, the subjects were reassembled to provide another 7.5 ml of

whole-mouth unstimulated saliva, and then proceeded to evaluate the drink using an identical sensory score card. Saliva samples were kept in an ice-water bath for one hour, and were then placed in a Beckman centrifuge which was run at 2,500 r.p.m. for 15 minutes. The supernatant was then collected using a Pasteur pipette, and distributed in ten 1.5 ml Eppendorfs. Samples were kept frozen at -18°C up until the moment of analysis. The parameters selected for analysis were: Mg, Na, K, Cl, cortisol, total proteins, urea, and glucose. The glucose, proteins, urea, and Mg were analyzed on a Roche Inc. Cobas Mira; the Na, K and Cl were analyzed on a Hitachi 737 from BMC Inc., and the cortisol was analyzed using an Immuchem Coated Tube Cortisol I¹²⁵ RIA Kit.

Nominal values of 1 ("none") to 6 ("very strong") were allotted to the sensory scale levels for PST and PFF. Statistical analysis of SP was carried out with the following control variables: **subjects**, **time** (pre-PA versus post-PA), **intake** (water versus drink) and **volume** consumed during the PA. The analysis of variance showed that for both PST and PFF, the subject effect was insignificant, as was the subject-intake interaction.

Results

Sensory Perception

The results show that average PST and PFF accross treatments - water vs sport drink as fluid intake - did not differ post- versus pre-PA ($p=0.35$ and $p=0.65$ for PST and PFF respectively, Table 1). Also, when the intake during PA is water, the mean value for PST and PFF did not differ post- versus pre-exercise. However the PST increases when the intake is the drink ($p<0.04$) but the PFF remain unchanged ($p<0.11$). This

difference in PST in reaction to the type of fluid intake (water versus drink) is significantly different from 0 ($p=0.048$). The same tendency is noted for PFF ($p=0.061$), however the difference is not significant.

Table I above here.

Figures 2a and 2b show, for each judge and at each evaluation, the result of the calculation of the difference -- *scorediff.* -- between perceived sweetness and fruity flavor intensity of the sports drink, post-PA minus pre-PA.

Figure 2a and 2b above here.

The evaluation of PST (Figure 2a) shows that for 8/12 subjects the *mean scorediff.* (mean of 2 evaluations) is greater when the sports drink is consumed than when the fluid intake is water. One subject reported no difference, while only 3 showed a greater difference when water was consumed. This indicates that the perceived sweetness intensity of the sports drink is greater after PA when the subjects consume drink as their fluid intake than when they consume water. Perceived sweetness intensity of the drink decreases (*scorediff.* < 0) after PA for 2/12 subjects when the fluid intake is the drink. It increases for 6/12 subjects and remains unchanged for 4/12 subjects. The dispersion of points is more important in the case of consumption of water, indicating more mitigated variations in SP with this intake.

For PFF (Figure 2b), the results tend toward the same direction, with a greater or equal *scorediff.* with drink intake compared to water intake for 9/12 subjects. For

2/12 subjects PFF decreased and it was mitigated for 1/12 subject. Here also, when fluid intake was the drink, intensity of fruity flavor was judged to be less intense after PA, compared to before PA. For 2/12 subjects, the PFF decreased after PA (below the neutrality curve), it increased for 6/12 subjects and was unchanged for 4/12 subjects. Bellisle *et al.* (1990), Johansson *et al.* (1994), Vazquez *et al.* (1982) and Verger *et al.* (1992 and 1994) have hypothesized that survival mechanisms are triggered when the human body finds itself in a deficit situation, such as a depletion of proteins and food energy, disrupted absorption of a nutrient, or malfunctioning of an organ such as the pancreas or liver. In each of these cases, the sensitivity of the taste apparatus is changed, orienting the affected subject toward over consumption or toward development of an aversion to the causal element.

We applied this theory to the present study and evaluated the effect of the volume consumed in relation to SP, suspecting that the dehydration could be responsible for variation in SP. No relation is found between this variable and SP, with water and drink confounded. The volume of liquid consumed is not significantly correlated with the differences found for either PST ($r=0.106$, $p=0.520$) or PFF ($r=0.065$, $p=0.690$). Also, while the average intake volume was higher for water than for drink (577 ml versus 438 ml, respectively) these differences were still non significant ($p=0.089$). In addition, the difference between SP after and before PA for PST and PFF increases with the increase of volume consumed, suggesting an opposite result from the one suspected. The hypothesis that the level of hydration is responsible for the variation in taste response is thus rejected, type of intake (water versus drink) remaining the sole factor retained here as responsible for the differences found.

Salivary Composition

The SC concentration found for each parameter is reported in Table 2; all variables being confounded as a function of intake. Significant differences between the before- and after values are found for all parameters, except for Mg and glucose, the latter nonetheless approaching the significance level of 0.05. For all the parameters, the values found after PA were higher than those measured before. An analysis of the correlation between the concentrations for each compound and SP shows a significant negative relationship between Na and sweet and fruity flavor, and between Cl and Mg and fruity flavor. The analysis was performed again, taking into account the type of fluid intake (water versus drink), since this factor influences SP. When water is consumed, the correlation is significant for Na, Cl and glucose (fruity flavor only for the latter). These correlations slip below the significance level of 0.05 with the sport drink as the fluid intake, canceling out any significant relationship between salivary parameters and SP. The PST and PFF thus appear to be inversely related to salivary concentrations of Na and Cl, but only when water is the type of fluid intake during PA.

Table II above here.

Discussion

The results of this study show that intensity of PST and PFF in an orange drink for athletes is not amplified after PA. This finding supports those reported by Nakagawa *et al* (1996) in which the type of fluid intake during PA was not considered. In the present study, the fluid intake during PA was either drink or water and the effect of this intake was considered in the analysis. Perception of sweetness intensity increased after PA when fluid intake was the sport drink. The mean difference for PST (before

minus after) when water versus the drink was the fluid intake is significantly different from 0. For PFF, a supporting tendency was observed, but was not statistically significant. This relative difference with intake is surprising, and the possibility that this result reflects the influence of a covariable was investigated. The volume consumed during PA was suspected of being responsible, since it was higher with water intake. An examination of this covariable revealed, however, that the volume consumed was not linked to SP. A limit of the present study was that the level of dehydration of subjects was not documented (by weighting). This could be a parameter to include and analyze in correlation with SP.

Also, in this study, the intensity of effort was variable from one subject to the next and should be taken into account. An analysis of the data by subject made it possible to observe that their SP versus type of intake during PA was modulated in accordance with a single tendency. The majority of subjects reported a greater positive difference in their SP (after compare to before) when they consumed drink as fluid intake, a tendency which was not marked when the fluid intake was water. This analysis by subject provides greater insight into the influence of intake on sensory response. The expression of results by subject highlights a common orientation of sensory response in the subjects, despite the fact that subjects did not use the same portion of the scale to express their sensory perception. Ranks 1 to 6 on the scale describe an orientation which is, to a greater or lesser extent, quite consistent.

The differences in salivary concentrations (SC) for the parameters evaluated being significant, with the exception of glucose and of Mg, leads us to think that the changes in SC could explain the changes which occur in SP after PA with water as the fluid intake. The origin of these changes may nonetheless be multiple and combined,

engendered by, among other things, changes in the neural impulses from the sympathetic nervous system, from dehydration, or from dryness of the buccal cavity. The data of the present study are consistent with those previously reported. A significant increase in sodium was found by Salminen (1963) and Nexo (1988), in which the experimental conditions were comparable to those of the present study - based on intensity, duration and time of saliva sample collection. Dawes (1981) found no significant difference in SC, but the PA was for short periods, and the saliva samples gathered were taken from the parotid glands only. The variation found by Dawes was not significant for chlorine, probably because of the shorter duration of physical effort imposed by Dawes as compared to that of the present study. The significant increase found for potassium was found in the studies by Gilman (1979) -- parotid glands only -- and Nexo (1988). The variations in the level of magnesium were smaller and not significant, as they were in the present study. Salivary protein concentrations, however, are very sensitive to physical activity. The present values are consistent with those reported by Ben-Aryeh (1989), Nexo (1988) and Salminen (1963), that is significantly higher after PA, and seem unrelated to duration of exercise as shown by the study of Ben-Aryeh (1989) where the exercise test was of short duration. Finally, salivary cortisol appears to be a good indicator of plasma cortisol and thus sympathetic activity, being significantly amplified after physical activity in the studies of Birch (1979) and Stupnicki (1992), as it is in the present study.

The negative correlation between Na, Cl, glucose and SP when water is consumed, suggest an influence of salivary composition on sensory perception, and influence which appears to be modulated by the type of fluid intake during PA. Indeed, the

perception of sweetness after effort with water intake, is negatively correlated with an increase in salivary concentrations in Na and Cl. However, when the fluid intake is the drink, sweet perception increases after PA, but no variation in salivary parameters correlates with this amplification. Therefore, in this study, consumption of a drink supplemented with sugar and electrolytes differently affects the sensory taste response versus non-carbonated water.

In the study of Matsuo *et al.* (1992), the response of sucrose-fibers of rats were significantly higher under whole saliva condition (tongue's rats were adapted with solution of saliva) than it was under distilled saliva (without electrolytes). Here again, the electrolytes seems to play an important role in the response to sensory stimulation by sweet solution. In the present study, the mean difference (after - before PA) between the sensory perception of sweet taste is significantly different from 0 when the water is consumed as fluid intake, compared to drink; the drink consumption leads to a higher difference in SP. We can hypothesized here that the electrolytes contained in the drink are responsible for this higher difference (when compared to water) in the sweet perception. The present findings, then, supports the study of Matsuo *et al.* (1992).

The selection of two sensory characteristics, sweet and fruity taste, was made to facilitate comparison with certain studies in which these parameters were evaluated. However, the correlation analysis shows that both these characteristics correlate positively and in a significant fashion ($r=0.49$, $p<0.0001$), suggesting that the subjects may have confounded them. A few differences do remain, notably the greater presence of chlorine (postPA vs prePA) in the saliva, which appears to cause a

significant decrease in PFF, a phenomenon not observed in PST. This preliminary study of sensory perception after PA as a function of type of fluid consumption during testing raises a number of questions; answering them will require more in-depth studies. Certainly, SP can be suspected to be affected by PA, but under certain experimental conditions only. It remains to determine the relative importance of factors modulating SP after exercise such as type of intake during PA, hydration levels, and salivary concentrations in sodium and chlorine, these changes being in correlation with a significant change in sensory perception of sweetness.

Bibliography

Bellisle, F., Dartois, A-M. "Perceptions of and Preferences for Sweet Taste in Uremic Children." *Journal of the American Dietetic Association*: 1990, 90, 951-954.

Ben-Aryeh, H., Roll, N., Lahav, M., Dlin, R., Hanne-Paparo, N., Szargel, R., Shein-Orr, C., Laufer, D. "Effect of Exercise on Salivary Composition and Cortisol in Serum and Saliva in Man." *J. Dent. Res.*: 1989, 68(11), 1495-1497.

Birch, G.G., Ray, A. «Taste acuity and composition of saliva in man.» *Archs Oral Biol.*: 1979, 24, 561-563.

Dawes, C., Jenkins, G.N. "The Effects of Different Stimuli on the Composition of Saliva in Man." *J. Physiol.*: 1964, 170, 86-100.

Gilman, S., Thornton, R., Miller, D., Biersner, R. "Effects of Exercise Stress on Parotid Gland Secretion." *Horm. Metab. Res.*: 1979, 11, 454.

Johansson, I., Lenander-Lumikari, M., Saellström, A.-K. "Saliva Composition in Indian Children with Chronic Protein-Energy Malnutrition." *J. Dent. Res.*: 1994, 73(1), 11-19.

Matsuo, R., Yamamoto, T. "Effect of inorganic constituents of saliva on taste responses of the rat chorda tympani nerve." *Brain Research*: 1992, 583, 71-80.

Nakagawa, M., Mizuma, K., Inui, T. "Changes in Taste Perception Following Mental or Physical Stress." *Chemical Senses*: 1996, 21, 195-200.

Nexo, E., Hansen, M.R., Konradsen, L. "Human Salivary Epidermal Growth Factor, Haptocorrin and Amylase Before and After Prolonged Exercise." *Scand. J. Clin. Lab. Invest.*: 1988, 48, 269- 273.

Salminen S., Konttinen, A. "Effect of Exercise on Na and K Concentrations in Human Saliva and Serum" *J. Appl. Physiol.*: 1963, 18(4), 812-814.

Stupnicki, R., Obminski, Z. «Glucocorticoid response to exercise as measured by serum and salivary cortisol.» *Eur. J. Appl. Physiol.*: 1992, 65, 546-549.

Vazquez, M., Pearson, P.B., Beauchamp, G.K. "Flavor Preferences in Malnourished Mexican Infants." *Physiology and Behavior*: 1982, 28, 513-519.

Verger, P., Lanteaume, M.T., Sylvestre, L.J. "Free Food Choice After Acute Exercise in Men." *Appetite*: 1994, 22(2), 159-164.

Verger, P., Lanteaume, M.T., Sylvestre, L.J. "Human Intake and Choice of Foods at Intervals After Exercise." *Appetite*: 1992, 18(2), 93-99.

Name:.....	Test #:.....
Jersey Number:.....	Date:.....
Question 1: Do you find that the sweet taste is?	
none	_____
very weak	_____
weak	_____
average	_____
strong	_____
very strong	_____
Question 2: Do you find that the fruit flavor is?	
none	_____
very weak	_____
weak	_____
average	_____
strong	_____
very strong	_____

Figure 1 : Sensory Evaluation Questionnaire

Table 1: Intensity of Fruity and Sweet taste Perception Versus Type of Liquid Intake

Characteristic evaluated	Intake						
	Confounded		Water		Drink		Water Vs Drink ^B
	(diff.) ^A	(p)	(diff.) ^A	(p)	(diff.) ^A	(p)	(p)
Sweet	0.15	0.35	-0.09	0.69	0.42	0.04	0.048
Fruity	0.08	0.65	-0.19	0.43	0.39	0.11	0.061

A Average of differences between SP post-AP and pre-AP

B Significance level for the diff. value, between water and drink
(significantly different from 0)

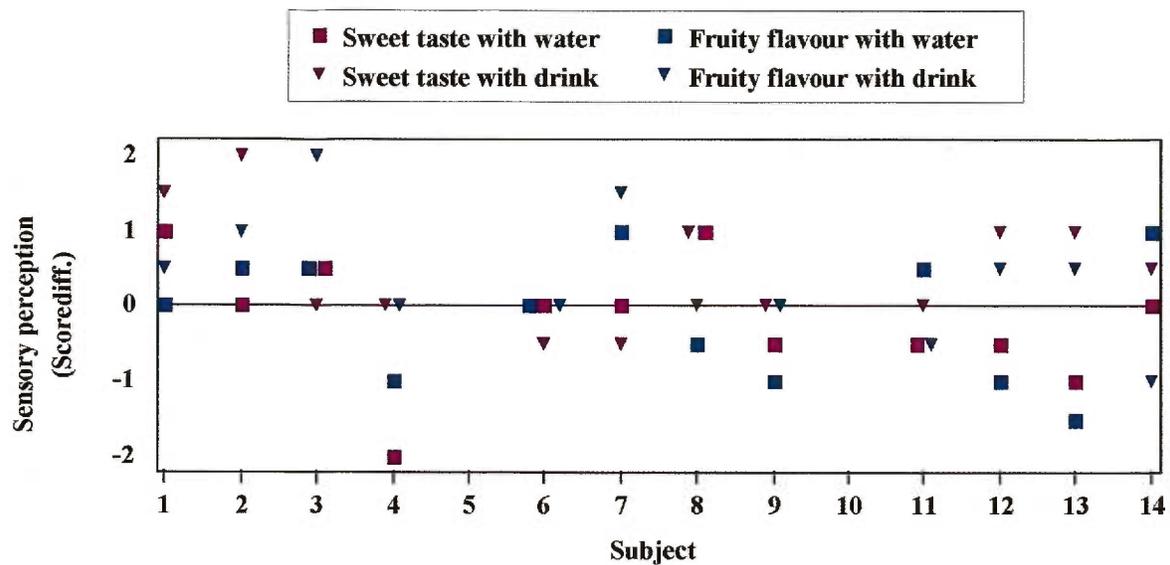


Figure 2 : Difference in Sensory Perception (Score diff. *) Versus Subject

* Score diff. = Mean of sensory perception after minus before physical activity

Table II : Correlation Between Salivary Concentration and Sensory Perception

Parameters	Salivary Concentration		Pearson Coeff. (r)					
			Intake					
	pre-PA	post-PA	Confounded	Water		Drink		
			Sensory perception					
		Sweet	Fruity	Sweet	Fruity	Sweet	Fruity	
Na (mmol/l)	16	23 *	-0.29 *	-0.35 *	-0.38 *	-0.40 *	-0.19	-0.29
Cl (mmol/l)	29	38 *	-0.22	-0.27 *	-0.31 *	-0.32 *	-0.11	-0.22
K (mmol/l)	39.7	49.6 *	-0.1	-0.15	-0.15	-0.13	-0.1	-0.18
Mg (mmol/l)	0.2	0.2	-0.21	-0.30 *	-0.27	-0.25	-0.16	-0.31
Proteins(mg/ml)	0.8	2.7 *	-0.11	-0.24	-0.28	-0.31	0.04	-0.1
Cortisol(mg/dl)	0.22	0.73 *	0.02	-0.15	0	-0.17	0.08	-0.1
Glucose(mmol/l)	0	0.1	-0.18	-0.2	-0.28	-0.31 *	-0.23	-0.2
Urea (mmol/l)	9.2	11.8 *	-0.1	-0.13	-0.16	-0.22	0.07	-0.01

* these values are significantly different from 0 at $p < 0.05$

iv) Discussion

Évaluation sensorielle des boissons pour sportifs

La sélection d'un groupe de sujets entraînés, non obèse et d'une étendue d'âge restreinte permet d'éliminer les variations potentielles dans la préférence sensorielle reliées à ces facteurs. En effet, les travaux de Oriani (1991) démontrent des différences non négligeables dans la préférence pour les aliments entre les personnes obèses et minces, jeunes et plus âgés et les sujets actifs et sédentaires. Malgré tout, dans la présente étude, le facteur âge a pu jouer un rôle dans les résultats rapportés. En effet, dans un des quatre groupes, les sujets étaient en moyenne plus jeunes que dans les trois autres. Les résultats sont sensiblement différents dans ce groupe, notamment au niveau de la présence d'agents à propriétés fonctionnelles, de la présence de sucre et de la couleur fluorescente de certaines boissons. En effet, les sujets du groupe en moyenne plus jeunes semblent plus confortables avec ces caractéristiques comparativement aux sujets des autres groupes. Il est cependant impossible d'affirmer que cette divergence d'opinion soit uniquement et directement imputable à l'âge, pouvant tout aussi bien résulter d'une dynamique de groupe, du hasard ou d'un nombre de sujets insuffisant pour permettre un discernement statistique. Il demeure que les boissons telles Gatorade® et Powerade® sont destinées au marché des adolescents et qu'il s'avère donc logique que ceux-ci en apprécient la couleur et la saveur sucrée plus que les sujets plus âgés.

L'équipe de Clydesdale *et al.* (1991) démontre l'influence de la couleur des boissons et son impact sur la perception de la saveur sucrée, sur l'intensité de la saveur, sur l'acceptabilité sensorielle et sur l'effet étanche-soif. Une autre étude de Roth *et al.* (1988) abonde en ce sens, de même que celle de Mattes (1997) où l'influence de l'apparence d'un aliment sur la réponse sensorielle est démontrée. La couleur orange est choisie dans la présente étude afin de minimiser l'influence de ce facteur. Cependant, la couleur a assurément joué un rôle dans l'appréciation relative de chaque marque, l'intensité et la transparence des boissons n'étant pas identique. Les commentaires des participants quant à la couleur des boissons sont d'ailleurs tranchants à ce sujet : lorsque la couleur ne plaît pas, la boisson ne serait tout simplement pas achetée. La boisson *Carbo Boost* est déclassée principalement à cause de cet argument. C'est pour cette même raison que

le contenant transparent est un critère fondamental; le contenant opaque donnant l'impression d'avoir «quelque chose à cacher».

La saveur oriente également et de façon tangible la préférence du consommateur. Ce fait est bien démontré dans l'étude de Meyer *et al.* (1994) lorsque le niveau de consommation et l'acceptabilité des boissons à saveur de raisin et d'orange supplantent celui de la boisson à saveur de pomme chez les enfants. La dominance de ce facteur sur les autres caractéristiques sensorielles des boissons étant bien connue, son influence a été amoindrie pour favoriser la visibilité des autres caractéristiques; c'est pourquoi la saveur orange est choisie dans cette étude. Cependant, de grandes différences de saveur demeurent perceptibles et ce facteur pèse d'avantage sur la cote d'appréciation menant au classement des boissons. À ce point, les sujets semblent beaucoup moins conservateurs que les compagnies productrices de boissons pour sportifs, suggérant de nombreuses combinaisons de saveurs non exploitées. L'élément, saveur naturelle et ratio sucre/saveur devrait, selon eux, guider les fabricants. Parmi l'éventail des boissons choisies, une seule est carbonatée. La littérature révèle des taux similaires d'ingestion pour les boissons carbonatées et non carbonatées (Ryan *et al.* [1991]). C'est pourquoi il est intéressant de pouvoir comparer dans cette étude l'acceptabilité relative des boissons carbonatées. Les sujets sont en majorité défavorables à la présence de gaz dans les boissons, du moins lorsque celles-ci sont consommées lors de l'activité physique. Ce type de boisson serait, selon le panel, destiné à être consommé après l'effort, son pouvoir désaltérant étant supérieur et l'inconfort gastrique qu'il cause quelquefois lors de l'activité physique étant alors absent. Cette étude s'inscrit donc dans la grande sphère d'études du comportement du consommateur et se centre sur une de ses composantes : l'acceptabilité sensorielle. Elle se veut donc un cliché sur les facteurs importants à considérer dans l'élaboration d'une boisson pour sportifs qui plaise au consommateur québécois. Les facteurs qui resteraient à explorer dans cette sphère d'étude seraient d'abord l'influence de l'intensité de l'activité physique sur l'acceptabilité des boissons pour sportifs, l'influence également du moment de consommation sur cette appréciation sensorielle et finalement, l'acceptabilité du consommateur des nouvelles saveurs, telles que celles suggérées par les sujets de cette présente étude.

Perception sensorielle et composition salivaire après l'activité physique

L'exploration de la réponse gustative en condition de repos et lors d'une activité physique démontre que ce phénomène est complexe, multifactoriel et multicausal. Le prélèvement d'échantillons de salive chez les sujets a certes permis de statuer sur l'influence de ce facteur, mais l'examen plus approfondi des résultats met en lumière d'autres éléments d'importance. La modification de la sensibilité gustative lors d'AP, s'il en est une, doit par conséquent être observée sous divers angles, qui feront l'objet de la présente discussion. La première analyse révèle que, tout apport confondu, la perception sensorielle après l'AP ne diffère pas de façon significative de celle évaluée au repos. À ce niveau, les résultats sont comparables à ceux trouvés par Nakagawa *et al.* (1996), la seule étude répertoriée traitant de la perception de l'intensité - et non de la préférence - en fonction de l'activité physique. L'intensité est modérée et la durée de l'effort de 10 minutes, ce qui est grandement différent des conditions expérimentales fixées dans la présente étude où l'intensité de l'effort est élevée et de longue durée. Ces deux études ne sont donc pas comparables en tout point. Toutefois, dans l'étude de Nakagawa, l'évaluation de la saveur sucrée par la méthode du *Time Intensity* montre une intensité maximale de saveur inchangée après par rapport à avant l'AP. Par contre, le même exercice effectué pour la saveur acide montre une diminution de l'intensité maximale, suggérant que la réponse sensorielle est fonction de la caractéristique sensorielle évaluée. C'est sur ce point que les deux études se rejoignent et que les résultats obtenus au niveau de l'influence de la saveur évaluée est mise en lumière. L'effet d'un stress mental sur la réponse sensorielle est également évalué dans cette étude et des modulations significatives mais différentes de celles engendrées par le stress physique sont trouvées. Les auteurs mentionnent l'importance de ce facteur, qui intervient de façon concomitante au stress physique lors d'épreuves sportives. À ce jour, donc, la présente étude et celle de Nakagawa *et al.* (1996) tendent à confirmer que l'intensité sensorielle perçue de la saveur sucrée n'augmente pas suite à une activité physique (modérée et de courte durée pour l'étude de Nakagawa), du moins lorsque le type d'apport n'est pas considéré dans l'analyse. C'est ce second point qui est déterminant dans la présente étude, puisque la différence dans la perception sensorielle pour la saveur sucrée lors que l'eau est consommée est significativement plus faible que la différence dans cette même perception lorsque la

Perception sensorielle et composition salivaire après l'activité physique

L'exploration de la réponse gustative en condition de repos et lors d'une activité physique démontre que ce phénomène est complexe, multifactoriel et multicausal. Le prélèvement d'échantillons de salive chez les sujets a certes permis de statuer sur l'influence de ce facteur, mais l'examen plus approfondi des résultats met en lumière d'autres éléments d'importance. La modification de la sensibilité gustative lors d'AP, s'il en est une, doit par conséquent être observée sous divers angles, qui feront l'objet de la présente discussion. La première analyse révèle que, tout apport confondu, la perception sensorielle après l'AP ne diffère pas de façon significative de celle évaluée au repos. À ce niveau, les résultats sont comparables à ceux trouvés par Nakagawa *et al.* (1996), la seule étude répertoriée traitant de la perception de l'intensité - et non de la préférence - en fonction de l'activité physique. L'intensité est modérée et la durée de l'effort de 10 minutes, ce qui est grandement différent des conditions expérimentales fixées dans la présente étude où l'intensité de l'effort est élevée et de longue durée. Ces deux études ne sont donc pas comparables en tout point. Toutefois, dans l'étude de Nakagawa, l'évaluation de la saveur sucrée par la méthode du *Time Intensity* montre une intensité maximale de saveur inchangée après par rapport à avant l'AP. Par contre, le même exercice effectué pour la saveur acide montre une diminution de l'intensité maximale, suggérant que la réponse sensorielle est fonction de la caractéristique sensorielle évaluée. C'est sur ce point que les deux études se rejoignent et que les résultats obtenus au niveau de l'influence de la saveur évaluée est mise en lumière. L'effet d'un stress mental sur la réponse sensorielle est également évalué dans cette étude et des modulations significatives mais différentes de celles engendrées par le stress physique sont trouvées. Les auteurs mentionnent l'importance de ce facteur, qui intervient de façon concomitante au stress physique lors d'épreuves sportives. À ce jour, donc, la présente étude et celle de Nakagawa *et al.* (1996) tendent à confirmer que l'intensité sensorielle perçue de la saveur sucrée n'augmente pas suite à une activité physique (modérée et de courte durée pour l'étude de Nakagawa), du moins lorsque le type d'apport n'est pas considéré dans l'analyse. C'est ce second point qui est déterminant dans la présente étude, puisque la différence dans la perception sensorielle pour la saveur sucrée lors que l'eau est consommée est significativement plus faible que la différence dans cette même perception lorsque la

boisson est consommée pendant l'activité physique. Cette découverte imprévue soulève nombre d'interrogations. En quoi le fait de consommer une boisson par opposition à de l'eau pendant une activité physique peut-il mener à augmenter la perception de l'intensité de la saveur sucrée ? En effet, la corrélation est établie entre la perception sensorielle et la concentration en Na, Mg et Cl, mais seulement lorsque de l'eau est consommée. L'augmentation de la concentration en ces trois composés dans la salive entrave la perception des saveurs, par un mécanisme inexpliqué. Aucune autre étude n'a inclus ce facteur (le type d'apport) dans son protocole. Puisque cette relation de cause à effet - Na, Mg et Cl en fonction de la perception sensorielle - ne peut être appuyée d'explications rationnelles, la possibilité d'un cofacteur est soulevée. Le type d'apport est-il vraiment responsable des différences trouvées ou si le volume consommé de liquide ne serait pas le vecteur responsable de la relation établie? La possibilité que cette relation entre la perception sensorielle et l'apport soit plutôt une relation perception sensorielle et volume consommé a été vérifiée. L'analyse des volumes moyens d'eau et de jus révèle que la quantité bue ne diffère pas de façon significative. Toutefois, la valeur de p est de 0.089 et une différence pourrait être déclarée si un seuil de 0.1 était jugé suffisant. Cette avenue a été explorée puisque les données relevées dans la littérature à ce sujet apportent des pistes intéressantes. En effet, il serait vraisemblable que l'augmentation de la perception sensorielle soit reliée au niveau d'hydratation - plus spécifiquement à une déshydratation -, engendrant une modulation de la sensibilité des récepteurs sensoriels gustatifs. Cette théorie, bien qu'à ce jour inexpliquée, a toutefois été observée par Bellisle *et al.* (1990), Johansson *et al.* (1994), Vazquez *et al.* (1982) et Verger *et al.* (1992 et 1994). Ces auteurs soulèvent l'hypothèse de mécanismes de survie enclenchés lorsque le corps humain se trouve en déficience, que ce soit au niveau d'une carence protéino-énergétique, d'un trouble d'absorption d'un élément nutritif ou encore du mal fonctionnement d'un organe tel le pancréas ou le foie. Dans chacun des cas, la sensibilité de l'appareil gustatif est modifiée, orientant le sujet atteint à surconsommer ou au contraire à développer une aversion pour l'élément causal.

Les niveaux de liquide bus sont rapportés en fonction de la perception sensorielle moyenne (PSpost -PSpré). La tendance notée est que sous apport d'eau, la moyenne augmente proportionnellement au volume consommé. En d'autres termes, plus les sujets boivent d'eau, plus leur perception sensorielle augmente suite à l'activité physique. Plus

spécifiquement, sous la barre des 500 ml d'eau, la perception sensorielle est plus faible après qu'avant, alors qu'elle augmente après l'AP au-delà de 500 ml d'eau. Pour la consommation de jus, la pente est presque nulle, le volume consommé n'affectant pas la PS. L'hypothèse d'un signal du corps selon laquelle celui-ci augmente sa perception sensorielle en situation de manque d'eau n'est pas vérifiée ici puisque les résultats rapportent plutôt une tendance opposée. L'augmentation de la perception sensorielle qui coïncide avec une augmentation du volume consommé ne peut être expliquée par cette théorie. Par ailleurs, il serait plausible qu'une meilleure hydratation permette une meilleure sensibilité des récepteurs gustatifs. Mais puisque cela ne vaut qu'en cas de consommation d'eau, cette option demande à être explorée plus à fond.

Ce qui différencie les deux types de liquides, mis à part le volume consommé, c'est la présence ou l'absence de sucre et minéraux. Le manque ou l'ajout de ces éléments pourrait-il amener une modulation de la perception sensorielle comme l'indiquent les résultats trouvés dans la présente étude où la présence de Na en concentration plus élevée mène à une PS diminuée? Cette possibilité n'est pas à écarter mais des études contrôlant ce facteur seraient nécessaires pour répondre à cette question.

Sur le plan de la composition salivaire, les résultats appuient les données déjà publiées. Le tableau 3 compile les résultats obtenus dans plusieurs études. Les différences dans les niveaux de signification sont attribuables à la durée et à l'intensité de l'effort exigé dans la conduite de l'épreuve.

Un dernier point à soulever est le délai d'environ une minute entre la fin de l'activité physique et l'évaluation sensorielle. Ce délai n'était peut-être pas ou peut-être trop long pour déceler des différences dans la perception sensorielle avant versus après l'effort. Il serait souhaitable d'explorer cette piste afin de déterminer le moment optimal pour déceler des différences dans la perception.

Cette étude a permis de démontrer que la perception sensorielle est affectée par l'activité physique, mais de façon différente selon les conditions expérimentales. En effet, la perception de la saveur sucrée est majorée de façon significative lorsque les sujets consomment un jus pour sportifs supplémenté en sucre, Na, Cl et K. La différence entre la différence de perception pour la saveur sucrée est significativement différente de 0, lorsque l'eau est consommé pendant l'activité physique, comparativement à la boisson. Cette différence significative selon l'apport (eau/jus) est concomitante à une

augmentation significative des concentrations salivaires en Na, Cl, K, protéines, cortisol et urée. L'analyse de corrélation montre que l'augmentation de la perception sensorielle suite à l'effort, tout apport confondu, est corrélée de façon significative avec le Na, Cl et Mg. L'augmentation de la concentration en ces électrolytes dans la salive coïncide avec une diminution de la perception sensorielle des saveurs évaluées, bien que cette dernière différence ne soit pas significative, peut-

être dû à la forte variation entre les sujets et au "n" relativement bas par rapport au nombre de boissons à évaluer. La corrélation établie entre les valeurs salivaires et la perception sensorielle est évaluée en fonction de l'apport, afin de permettre la comparaison entre ces valeurs et la perception sensorielle.

Tableau 1 : Revue de la composition salivaire lors de l'activité physique

Auteur/ (année)	Sujets	Intensité de API/ durée	Salive : type	Temps d'échantillonnage	Na	Cl	K	Mg	Protéine	Cortisol	Glucose/ Urée	Commentaire
Ben-Aryeh (1989)	27 ^r	0- 85%VO2max 9 min.	mixte	90 min. pré 0 min post	n.s.		[†] p<0,001	[†] n.s.	[†] p<0,01	[†] n.s.		Test de très courte durée.
Birch (1979)	8 ^r	marathon 26 milles	mixte	0 min. pré /4 mi. pendant 30 min post						[†] p<0,001 [†] continue 865%> [bas e]		Augmentation du cortisol pré AP due au stress.
Daves (1980)	7 ^r + 3 ^r	modérée de 3 à 8 milles	parotides	1-2 h. pré 0 et 3h post	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	[†]			Grande variation entre sujets. Grande variation Intensité AP
DeiCorral (1994)	10 ^r (10 ans)	70%VO2max 30 min.	mixte, stimulée	0 min pré 15 et 30 min pendant 15 min post						[†] n.s.		Enfants. Salive stimulée.
Gilman (1978)	4 ^r + 1 ^r	intense, court 1.2milles, 7mph	parotides	repos 0 min post			[†] p<0,05					Comparaison des jours de repos vs AP
Morse (1983)	6 ^r + 4 ^r	pas d'AP, anxiété vs repos	s.-max. subling.						[†] p<0,05			Le stress psychologique induit changements dans la salive.
Nexo (1988)	21 ^r + 4 ^r	modéré 2heures	mixte	0 min pré 0 min post	[†] p<0,001		[†] p<0,001		[†] p<0,001			
Port (1991)	6 ^r	incrémentaton 4 min	mixte	0 min pré 0 et 10 min post								Étude sur la corrélation entre lactate et cortisol
Stupnicki (1992)	78 ^r	varié. jusqu'à épuisement	mixte, stimulée	0 min pré 2 min post						[†] p<0,01		Stimulation par acide citrique, durée variable
Salmiinen (1963)	56 ^r	marche chargée, 2 heures	mixte	0 min pré 0 min post	[†] p<0,001		[†] n.s.		[†] p<0,05			
Durand (à venir)	12 ^r	modéré 1.5 heure	mixte	3 heures pré 0 min post	[†] p<0,007	[†] p<0,011	[†] p<0,010	n.s.	[†] p<0,003	[†] p<0,0001	[†] p<0,0007	

v) Conclusion

Ce mémoire explore une facette de la science de l'activité physique et de l'évaluation sensorielle des aliments. L'étude avait pour but premier de démontrer l'influence de l'activité physique sur la réponse sensorielle gustative. D'autres objectifs étaient également visés soit 1) la détermination du profil sensoriel de la boisson pour sportifs idéale selon un groupe de consommateurs québécois, 2) l'influence de l'activité physique sur la perception de la saveur sucrée et fruitée d'un jus d'orange, 3) l'examen de la composition salivaire avant et après l'activité physique et 4) l'analyse de la corrélation entre la perception sensorielle et ces facteurs.

La première étude tire sa force du fait d'avoir été menée en contexte réel de consommation. Le profil sensoriel établi servira de base au développement d'une boisson pour sportifs adaptée aux goûts et exigences des consommateurs québécois. L'évaluation sensorielle des boissons durant la pratique de l'activité physique usuelle a permis d'obtenir un portrait réel de l'appréciation, ce que plusieurs développeurs de boissons pour sportifs omettent de faire.

La seconde étude est également menée en contexte réel. Les résultats obtenus démontrent que l'influence de l'activité physique sur la perception des saveurs ne se résume pas à une relation linéaire de cause à effet mais serait fonction de l'apport alimentaire durant l'effort, de la composition salivaire et possiblement même du volume consommé ou du taux d'hydratation corporelle. Ce dernier paramètre, soulevé dans la présente étude, rapporte des données inattendues. En quoi l'apport pendant une activité physique peut-il moduler la réponse sensorielle ? De même, le volume d'eau semble avoir un impact sur la sensibilité gustative. Encore ici, cette piste de recherche est à exploiter. Assurément, l'activité physique influence la réponse sensorielle. Cependant, il y a encore beaucoup à élaguer dans cette sphère d'activités. L'avancement de la science dans ce domaine permet de mieux comprendre les phénomènes physiologiques impliqués, et ainsi, adapter les recommandations aux sportifs en matière de nutrition.

vi) Sources documentaires

Adopo, E., Péronnet, F., Massicotte, D., Brisson, G.R., Marcel, C.H. «Respective oxidation of exogenous glucose and fructose given in the same drink during exercise.» *J. Appl. Physiol.*: 1994, 76(3), 1014-1019.

American College of Sports Medicine. «Exercise and Fluid Replacement.» *Medicine and Science in Sports and Exercise*: 1996, 28(1), i-vii.

Bacharach, D.W., Von Duvillard, S.P., Rundell, D.W., Meng, J., Cring, M.R., Szmedra, L., Castle, J.M. «Carbohydrate drinks and cycling performance.» *Journal of Sports Medicine & Physical Fitness*: 1994, 34(2), 161-168.

Bellisle, F. «Impact des facteurs sensoriels sur les processus digestifs.» *INSERM U 341, Hôtel-Dieu, Place du Parvis Notre-Dame, 75004 Paris*: 1995.

Bellisle, F., Dartois, A-M. «Perceptions of and preferences for sweet taste in uremic children.» *Journal of the American Dietetic Association*: 1990, 90, 951-954.

Ben-Aryeh, H., Roll, N., Lahav, M., Dlin, R., Hanne-Paparo, N., Szargel, R., Shein-Orr, C., Laufer, D. «Effect of Exercise on Salivary Composition and Cortisol in Serum and Saliva in Man.» *J. Dent. Res.*: 1989, 68(11), 1495-1497.

Birch, G.G., Ray, A. «Taste acuity and composition of saliva in man.» *Archs Oral Biol.*: 1979, 24, 561-563.

Cabanac, M. «Afférences sensorielles et contrôle de la prise alimentaire.» *Département de physiologie, Faculté de médecine, Université Laval, Québec G1K 7P4 Canada.*: 1994.

Chicharro, J.L., Legido, J.C., Alvarez, J., Serratosa, L., Bandres, F., Gamella, C. «Saliva electrolytes as a useful tool for anaerobic threshold determination.» *European Journal of Applied Physiology*: 1994, 68, 214-218.

Christensen, C.M., Navazesh, M., Brightman, V.J. «Effects of pharmacologic reductions in salivary flow on taste thresholds in man.» *Archs Oral Biol.*: 1984, 1, 17-23.

Clydesdale, F.M., Gover, R., Philipsen, D.H. «The effect of color on thirst quenching, sweetness acceptability and flavor intensity in fruit-punch flavor beverages.» *Journal of Food Quality*: 1992, 15, 19-38.

Cole, KJ., Grandjean, P.W., Sobszak, R.J., Mitchell, J.B. «Effect of carbohydrate composition on fluid balance, gastric emptying, and exercise performance.» *International Journal of Sport Nutrition*: 1993, 3(4), 408-417.

Cook, N.J., Ng., A., Read, G.F., Harris, B., Riad-Fahmy, D. «Salivary Cortisol for Monitoring Adrenal Activity during Marathon Runs.» *Hormone Res.*: 1987, 25, 18-23.

Coyle, E.F. «Carbohydrate feedings : effects on metabolism, performance and recovery.» *Med. Sport Sci.*: 1991, 32, 1-14.

Dawes, C. «The effects of exercise on protein and electrolyte secretion in parotid saliva.» *J. Physiol.*: 1981, 320, 139-148.

Dawes, C., Jenkins, G.N. «The effects of different stimuli on the composition of saliva in man.» *J. Physiol.*: 1964, 170, 86-100.

Decombaz, J., Gmuender, B., Daget, N., Monoz-Box, R., Howald, H. «Acceptance of isotonic and hypotonic rehydrating beverages by athletes during training.» *International Journal of Sports Medicine*: 1992, 13(1), 40-46.

Del Corral, P., Mahon, A.D., Duncan, G.E., Howe, C.A., Craig, B.W. «The effect of exercise on serum and salivary cortisol in male children.» *Med. Sci. Sports Exerc.*: 1994, 26(11), 1297-1301.

Delwiche, J., O'Mahony, M. «Changes in Secreted Salivary Sodium Are Sufficient to Alter Salt Taste Sensitivity : Use of Signal Detection Measures With Continuous Monitoring of the Oral Environment.» *Physiology & Behavior*: 1996, 59(4/5), 605-611.

Deuster, P.A., Singh, A., Hofmann, A., Moses, F.M., Chrousos, G.C. «Hormonal responses to ingesting water or a carbohydrate beverage during a 2 h run.» *Medicine and Science in Sports and Exercise*: 1992, 24(1), 72-79.

Drewnowski, A. «Food preferences and the opioid peptide system.» *Trends in Food Science & Technology*: 1992, 31, 97-99.

Fahey, T.D., Larsen, J.D., Brooks, G.A., Colvin, W., Henderson, S. «The effects of ingesting polylactate of glucose polymer drinks during prolonged exercise.» *International Journal of Sport Nutrition*: 1991, 1(3), 249-256.

Fern, E.B, Bielinski, R.N, Schutz, Y. «Effect of exaggerated amino acid and protein supply in man.» *Experientia*: 1991, 47, 168-172.

Filaire, E., Duché, P., Lac G., Robert A. «Saliva cortisol, physical exercise and training: influences of swimming and handball on cortisol concentrations in women.» *European Journal of Applied Physiology*, 1996, 74:3, 274-8.

Fisher, U., Boulton, R.B., Noble, A.C. «Physiological factors contributing to the variability of sensory assessments : relationship between salivary flow rate and temporal perception of gustatory stimuli.» *Food Quality and Preference*: 1994, 5, 55-64.

Froehlich, D.A. «The Effect of Oral Stimulation on Human Parotid Salivary Secretion and Alpha-amylase Activity.» *Univ. of California, Davis.*: 1986.

Giese, J. «Developments in Beverage Additives.» *Food Technology*: 1995, 64-72.

Gilman, S., Thornton, R., Miller, D., Biersner, R. «Effects of Exercise Stress on Parotid Gland Secretion.» *Horm. Metab. Res.*: 1979, 11, 454.

Goldfarb, A.H., Jamurtas, A.Z., «Beta-endorphin response to exercise. An Update.» *Sports Medicine*: 1997, 24:1, 8-16.

Greenleaf, J.E., Jackson, C.G., Lawless, D. «CD4+/CD8+ T-lymphocyte ratio : effects of rehydration before exercise in dehydrated men.» *Medicine and Science in Sports and Exercise*: 1995, 27(2), 194-199.

Hawley, J.A., Dennis, S.C., Nowitz, A., Brouns, f., Noakes, T.D. «Exogenous carbohydrate oxidation from maltose and glucose ingested during prolonged exercise.» *European Journal of Applied Physiology & Occupational Physiology*: 1992, 64(6), 523-527.

Heitkamp, H.C., Schmid, K., Scheib, K. «Beta-endorphin and adrenocorticotrophic hormone production during marathon and incremental exercise.» *European Journal of Applied Physiology* : 1993, 66(3), 269-74.

Heitkamp, H.C., Huber, W., Scheib, K. «Beta-Endorphin and adrenocorticotrophin after incremental exercise and marathon running--femal responses.» *European Journal of Applied Physiology* : 1996, 72(5-6), 417-24.

Hickey, M.S., Costill, D.L., Trappe, S.W. «Drinking behavior and exercise-thermal stress : role of drink carbonation.» *International Journal of Sport Nutrition*: 1994, 4(1), 8-21.

Jenkins D.G., Palmer, J., Spillman, D. «The influence of dietary carbohydrate on performance of supramaximal intermittent exercise.» *European Journal of Applied Physiology & Occupational Physiology*: 1993, 67(4), 309-314.

Johansson, I., Lenander-Lumikari, M., Saellström, A.-K. «Saliva Composition in Indian Children with Chronic Protein-Energy Malnutrition.» *J. Dent. Res.* : 1994, 73(1), 11-19.

Lemon, P.W.R. «Is Increased Dietary Protein Necessary or Beneficial for Individuals with a Physically Active Lifestyle?» *Nutrition Reviews*: 1996, 54(4), S169-S175.

Lemon, P.W.R. «Effect of exercise on protein requirments.» *Foods, nutrition and sports performance*: 1992, 65-86.

Lenander-Lumikari, M., Johansson, I., Vilja, P., Samaranayake, L.P. «Newer saliva collection methods and saliva composition : a study of two Salivette® kits.» *Oral Diseases*: 1995, 1, 86-91.

Levine, L., Rose, M.S., Francesconi, R.P., Neuffer, P.D., Sawka, M.N. «Fluid Replacement During Sustained Activity in the Heat : Nutrient Solution vs. Water.» *Aviat. Space environ. Med.*: 1991, 62, 559-564.

Mattes, R.D. «Physiologic responses to sensory stimulation by food : Nutritional implications.» *J. Am. Diet. Assoc.*: 1997, 97, 406-413.

Mattes, R.D. «Sensory Influences on Food Intake and Utilization in Humans.» *Human Nutrition : Applied Nutrition*: 1987, 41A, 77-95.

McArthur, J.W., «Endorphins and exercise in females: possible connection with reproductive dysfunction.» *Medicine Sciences in Sports and Exercise* : 1985, 17:1, 82-88.

Mc Ewan, J.A., Colwill, J.S. «A 'refreshing' approach to drink.» *CAMPDEN Food & Drink Research Association, Technical memorandum no.614.*: 1991, 109p.

Meredith, C.N, Frontera, W.R., O'Reilly, K.P, Evans, W.J. «Body composition in elderly men: effect of dietary modification during strength training.» *J. Am. Ger. Soc.*: 1992, 40, 155-162.

Meyer, F., Bar-Or, O., Wilk, B. «Children's perceptual responses to ingesting drinks of different compositions during and following exercise in the heat.» *International Journal of Sport Nutrition*: 1995, 5(1), 13-24.

Meyer, F., Bar-Or, O., Salsberg, A., Passe, D. «Hypohydration during exercise in children : effect on thirst, drink preferences and rehydration.» *International Journal of Sport and Nutrition*: 1994, 4, 22-35.

Moodley, D., Noakes, T.D, Bosch, A.N., Hawley, J.A., Schall, R., Dennis, S.C. «Oxidation of exogenous carbohydrate during prolonged exercise : the effects of the carbohydrate type and its concentration.» *European Journal of Applied Physiology & Occupational Physiology*: 1992, 64(4), 328-334.

Morse, D.R., Schacterle, G.R., Esposito, J.V., Chod, S.D., Furst, M.L., DiPonziano, J., Zaydenberg, M. «Stress, meditation and saliva : a study of separate salivary gland secretions in endodontic patients» *Journal of Oral Medicine*: 1983, 38(4), 150-160.

Moskowitz, H.R. «Effects of Solution Temperature on Taste Intensity in Humans.» *Physiology and Behavior*: 1973, 10(2), 289-292.

Murphy, C. «The chemical senses and nutrition in the elderly.» *Interaction of the chemical senses with nutrition* : 1986, 87-105.

Nakagawa, M., Mizuma, K., Inui, T. «Changes in Taste Perception Following Mental or Physical Stress.» *Chemical Senses*: 1996, 21, 195-200.

Nazar, K. «Adrenocortical activation during long-term exercise in dogs evidence for a glucostatic mechanism.» *Pflugers Arch.*: 1971, 329, 156-166.

Nexo, E., Hansen, M.R., Konradsen, L. «Human salivary epidermal growth factor, haptocorrin and amylase before and after prolonged exercise.» *Scand. J. Clin. Lab. Invest.*: 1988, 48, 269-273.

Norris, M.B., Noble, A.C., Pangborn, R.M. «Saliva and taste responses to acids varying in anions, titrable acidity and pH» *Physiolog. Behav.*: 1984, 32, 237-244.

Oriani, J.A. «Physical activity, bod fat, and age-related differences in flavor perception demonstrated by sensory evaluation of baked products.» *U.M.I. Dissertation Services. Order number 9202107*: 1991.

Pangborn, R.-M., Chrisp, R.B., Bertolero, L.L. «Gustatory, salivary, and oral thermal responses to solutions of sodium chloride at four temperatures.» *Perception & Psychophysics*: 1970, 8(2), 69-75.

Perna, G.P., Modoni, S., Valle, G., Stanislao, M., Loperfido, F., «Plasma beta-endorphin response to exercise in patients with congestive heart failure.» *Chest.*: 1997, 111:1, 19-22.

Port, K. «Serum and Saliva Cortisol Responses and Blood Lactate Accumulation during Incremental Exercise Testing» *Int. J. Sports Med.*: 1991, 12(5), 490-494.

Rehrer, N.J. «Aspects of dehydration and rehydration during exercise.» *Med. Sport Sci.*: 1991, 32, 128-146.

Rehrer, N.J, Beckers, E.J, Brouns, F., Saris, W.H.M. «Exercise and training effects on gastric emptying of carbohydrate beverages.» *Med. Sci. Sports Exerc.*: 1989, 21, 540-549.

Roth, H.A., Radle, L.J., Gifford, S.R., Clydesdale, F.M. «Psychophysical Relationships Between Perceived Sweetness and Color in Lemon- and Lime-Flavored Drinks» *Journal of Food Science*: 1988, 53(4), 1116-1119.

Ryan, A.J., Navarre, A.E., Gisolfi, C.V. «Consumption of carbonated and noncarbonated sports drinks during prolonged treadmill exercise in the heat.» *Intern. J. Sport Nutrition.*: 1991, 1(3), 225-239.

- Salminen S., Konttinen, A. «Effect of exercise on Na and K concentrations in human saliva and serum» *J. Appl. Physiol.*: 1963, 18(4), 812-814.
- Sato, M. «Gustatory responses as a temperature-dependent process» *Contributions to sensory physiology*: 1967, 2, 223-251.
- Schneyer, L.H., Young, J.A., Schneyer, C.A. «Salivary Secretion of Electrolytes» *Physiological Review*: 1972, 52(3), 720-730.
- Seidman, D.S., Ashkenazi, I., Arnon, R., Shapiro, Y., Epstein, Y. «The effect of glucose polymer beverage ingestion during prolonged outdoor exercise in the heat.» *Medicine and Science in Sports and Exercise*: 1991, 23(4), 458-62.
- Stone, H., Oliver, S., Kloehn, J. «Temperature and pH effects on the relative sweetness of suprathreshold mixtures of dextrose fructose.» *Perception & Psychophysics*: 1969, 5(5), 257-260.
- Stupnicki, R., Obminski, Z. «Glucocorticoid response to exercise as measured by serum and salivary cortisol.» *Eur. J. Appl. Physiol.*: 1992, 65, 546-549.
- Tanaka, J.A., Tanaka, H., Landis, W. «An assessment of carbohydrate intake in collegiate distance runners.» *International Journal of Sport Nutrition*: 1995, 5(3), 206-214.
- Tarnopolsky, M.A., Atkinson, S.A., Phillips, S.M., Macdougall, J.D. «Carbohydrate loading and metabolism during exercise in men and women.» *J. of Applied Physiology*: 1995, 78(4), 1360-1368.
- Tarnopolsky, M.A., Atkinson, S.A., Phillips, S.M., MacDougall, J.D., *et. al.* «Evaluation of protein requirements for trained strength athletes.» *J. Appl. Physiology*: 1992, 73, 1986-1995.
- Tuorila, H., Pangborn, R.M., Schutz, H.G. «Choosing a beverage : comparison of preferences and beliefs related to the reported consumption.» *Appetite*: 1990, 15, 1-8.
- VanRuth, S.M., Roozen, J.P., Cozijnsen, J.L. «Changes in Flavour Release from Rehydrated Diced Bell Peppers (*Capsicum annuum*) by Artificial Saliva Components in Three Mouth Model Systems.» *J. Sci. Food Agric.*: 1995, 67, 189-196.
- Vazquez, M., Pearson, P.B., Beauchamp, G.K. «Flavor preferences in malnourished Mexican infants.» *Physiology and Behavior*: 1982, 28, 513-519.
- Verger, P., Lanteaume, M.T., Sylvestre, L.J. «Free food choice after acute exercise in men.» *Appetite*: 1994, 22(2), 159-164.

Verger, P., Lanteaume, M.T., Sylvestre, L.J. «Human intake and choice of foods at intervals after exercise.» *Appetite*: 1992, 18(2), 93-99.

Vist, G.E., Maughan, R.J. «The effect of osmolality and carbohydrate content on the rate of gastric emptying of liquids in man.» *Journal of Physiology*: 1995, 486(2), 523-531.

Zachwieja, J.J., Costill, D.L., Beard, G.C., Robergs, R.A., Pascoe, D.D., Anderson, D.E. «The effects of a carbonated carbohydrate drink on gastric emptying, gastrointestinal distress, and exercise performance.» *Intern. J. Sport Nutrition*: 1992, 2(3), 239-250.

Zachwieja, J.J., Costill, D.L., Wildrick, J.J., Anderson, D.E., McConell, G.K. «Effects of drink carbonation on the gastric emptying characteristics of water and flavored water.» *Intern. J. Sport Nutrition*: 1991, 1(1), 45-51.