

Le parfum des riz : comment reconnaître et caractériser les arômes ?

Le marché des riz aromatiques dans les pays développés (Europe, Etats-Unis, Australie) évolue rapidement grâce à une diversification des variétés. Le contrôle de la qualité, notamment l'authenticité, des riz commercialisés et l'amélioration variétale des riz aromatiques rendent indispensable la mise au point de méthodes de caractérisation fiables de l'arôme.

Le marché des riz aromatiques (*O. sativa* L.) s'est développé à partir de deux variétés en provenance de deux zones géographiques différentes : le « basmati » cultivé dans le sous-continent indien, Inde et Pakistan, et le « thaï parfumé » dit aussi « riz jasmin » cultivé en Thaïlande. En Europe, les sélectionneurs d'Italie, d'Espagne et de France s'activent pour obtenir des variétés aromatiques adaptées aux conditions agro-climatiques du bassin méditerranéen ou pour acclimater des variétés déjà mises au point ailleurs, comme le font aussi les Etats-Unis avec le « Jasmine » et l'Australie avec le « Goolarah ». Les Etats-Unis ont produit deux variétés « 301 » et « Texmati », spécifiquement nord-américaines.

La qualité culinaire des riz aromatiques et le contrôle de l'origine et de l'authenticité des lots importés deviennent cruciaux dans le contexte commercial actuel, où le prix élevé des riz aromatiques — environ trois fois le prix des riz non aromatiques — constitue une forte incitation à la fraude. Or les méthodes analytiques existantes ne sont pas suffisamment précises, ni pratiques. Jusqu'à présent, l'appréciation du parfum par les sélectionneurs est subjective, « au nez », donc fondée sur l'expérience et la confiance, sans critère mesurable. Une méthode d'évaluation quantitative consiste à mesurer le taux d'élongation du grain cuit (rapport de la longueur du grain cuit à la longueur du grain cru) : généralement les « basmati » ont un taux d'élongation de 100 % ; les riz « thaï parfumé », 65 % et les riz non parfumés, 50 % environ.

M. PETROV,
Docteur es sciences
J. FAURE
CIRAD-CA, BP 5035,
34032 Montpellier
Cedex 1, France

Riz aromatiques et consommateurs

La consommation des riz parfumés, dans les pays occidentaux, est restée longtemps du domaine des initiés, des minorités ethniques d'origine indienne ou pakistanaise en particulier. L'extension de leur consommation est récente. Elle est devenue significative depuis la fin des années 80, en Europe et aux Etats-Unis obligeant par exemple ces derniers, pourtant largement exportateurs en riz et malgré leurs efforts de sélection, à importer quelques centaines de milliers de tonnes chaque année. En France, le développement de cette consommation est significatif depuis le début des années 1990. La découverte, par un large public, de la possibilité pour un riz d'avoir du goût, s'inscrit dans un vaste mouvement de diversification et de consommation, largement exploité par une stratégie de promotion de la part des grands groupes alimentaires (figure 1).

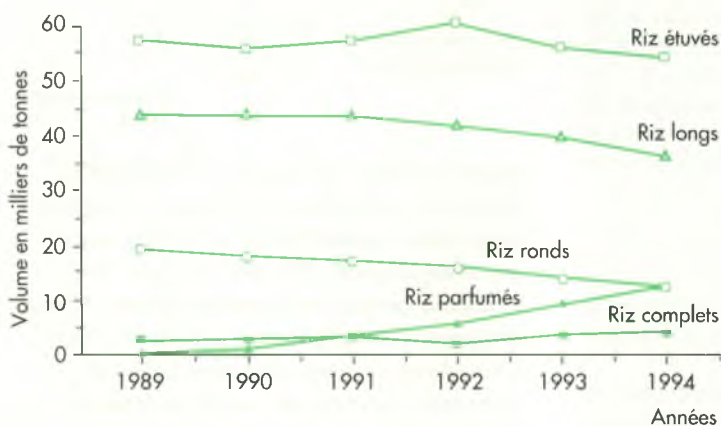


Figure 1. Evolution de la consommation de riz en France depuis 1989 : riz étuvés, riz longs, riz ronds, riz parfumés et riz complets (source : syndicat de la rizerie française, comm. pers.).

Tableau 1. Concentration en 2-acétyl-1-pyrroline dans des riz de qualités aromatiques variées (d'après BUTTERY *et al.*, 1983a).

Variété ⁽¹⁾	Concentration en acétyl-pyrroline ⁽²⁾	
	Riz blanchi	Riz cargo ⁽³⁾
Malagkit Sungsong	90	200
IR841-76-1	70	200
Kaõ Dawk Mali	70	200
Milagrosa	70	-
Basmati-370	60	170
Seartus Malam	60	-
Azucena	40	160
Hieri	40	100
Texas Long-Grain	8	-
Calrose	6	-

(1) Kaõ Dawk Mali et Basmati-370 sont les deux variétés de riz parfumé les plus commercialisées en Europe et aux Etats-Unis.

Texas Long-Grain et Calrose sont deux variétés non parfumées importantes aux Etats-Unis.

(2) Concentration en acétyl-pyrroline : concentration calculée à partir d'un extrait obtenu par EDS (Extraction-distillation-simultanée) à partir de 500 grammes de riz et exprimée en ppb (en microgramme par kilogramme de riz cru).

(3) Riz cargo : grain de riz débarrassé de ses glumelles, appelé « riz complet ».

Cependant, cette méthode est insuffisante et ne permet pas d'identifier l'origine géographique, ni la variété du riz aromatique considéré.

L'objectif des recherches est double :

- parvenir à contrôler la qualité aromatique des riz importés afin de déceler les éventuelles fraudes ;
- améliorer la qualité aromatique des riz cultivés en France.

Les arômes des riz

Un riz naturellement parfumé dégage un arôme, qui s'exprime le mieux au moment de la cuisson mais que l'on perçoit déjà — avec un peu d'attention — dans le riz cargo ou le riz blanchi. Le riz non aromatique émet aussi un arôme spécifique du riz, différent des autres céréales. Afin de répondre au premier objectif fixé, la démarche, visant à caractériser l'arôme des riz parfumés, consiste à extraire, identifier et quantifier les constituants volatils qui le composent en vue d'une comparaison avec l'arôme de variétés non aromatiques.

Caractérisation de l'arôme des riz parfumés

On peut diviser en deux groupes les méthodes utilisées pour caractériser l'arôme d'un riz :

- les méthodes d'évaluation olfactive, directement applicables au champ, souvent utilisées par les sélectionneurs ;
- les méthodes de mesures analytiques, plus lourdes, ne pouvant être effectuées qu'en laboratoires équipés pour l'analyse d'arômes.

C'est ce dernier groupe de méthodes qui permet l'identification des constituants de l'arôme après extraction de la fraction volatile et analyse par chromatographie en phase gazeuse des extraits obtenus. Les qualités aromatiques de diverses variétés de riz peuvent ainsi être comparées *via* l'analyse des profils chromatographiques.

En 1979, YAJIMA *et al.* parviennent à identifier 114 composés volatils dans l'arôme du riz parfumé Kaorimai. En 1982, BUTTERY *et al.* montrent, par analyse olfactive, que la 2-acétyl-1-pyrroline est le composé qui contribue le plus à l'arôme du riz parfumé par son odeur assimilée à celle du pop-corn.

Méthodes d'évaluation et d'analyse de l'arôme des riz

Le prélèvement des composés volatils est effectué après cuisson du riz et récupération des vapeurs. Différentes méthodes permettent d'extraire les composés.

Détection et appréciation de l'arôme des riz en sélection : mesures olfactives

Les méthodes principalement rencontrées sont les suivantes :

- mâchage des grains crus et évaluation de l'arôme en bouche ;
- inhalation de l'arôme après cuisson des grains, chauffage des feuilles dans l'eau ou trempage des feuilles dans une solution de potasse.

En sélection, les quantités de grains disponibles sont limitées parfois à une seule panicule. REINKE *et al.* (1991) procèdent de la façon suivante : une vingtaine de grains sont décortiqués dans un petit décortiqueur manuel, puis chaque grain est placé, le germe vers le bas, dans une alvéole en « V » d'une plaque en polystyrène habituellement utilisée pour la culture de tissu végétal, avec une goutte d'eau distillée. Les alvéoles sont bouchées et la plaque mise dans un sachet plastique scellé au réfrigérateur à 3 °C pour la nuit. Le grain imprégné d'eau est ensuite goûté et noté pour la présence et l'intensité de l'odeur. En appliquant cette méthode sur des lots commerciaux de riz parfumés, on détecte fréquemment des grains de riz non parfumés.

Méthode de diagnostic au laboratoire

Extraction

Les méthodes de mesures analytiques de l'arôme nécessitent l'extraction de la fraction volatile, le plus souvent à partir des vapeurs de cuisson. Différentes techniques sont rapportées :

- piégeage des vapeurs de cuisson sur charbon actif (par entraînement par un courant d'azote) puis élution du contenu du piège par un solvant ou désorption de la fraction volatile par un courant de gaz (hélium ou azote) en vue d'une injection directe en chromatographie en phase gazeuse (CPG) ;
- condensation des vapeurs sur pièges froids et extraction par un solvant à partir des condensats obtenus ;
- distillation-extraction simultanée (EDS) à l'aide d'un appareil mis au point par LIKENS et NICKERSON.

Cette dernière méthode est, depuis quelques années, la plus couramment utilisée. Dans son fonctionnement normal, le riz cuit durant toute la durée de l'expérience (environ 2 heures). PETROV *et al.* (1996) ont choisi de mener l'extraction à partir des eaux de cuisson du riz (100 grammes de riz cuit dans 5 volumes d'eau, à reflux durant 11 minutes) afin notamment de minimiser l'apparition de composés liés à un chauffage prolongé de la matrice. L'appareil utilisé ici a été mis au point par GODEFROOT *et al.* (1981) et est issu d'une modification de l'appareil classique (figure 2).

Identification des composés volatils

Après concentration, l'extrait est analysé par chromatographie en phase gazeuse (CPG), afin de séparer au mieux les divers composés qui le constituent, couplée à un spectromètre de masse (SM) pour les identifier. On obtient un chromatogramme dont chacun des pics représente un composé (figure 3) plus ou moins bien identifié à l'aide de son spectre de masse. L'identification repose sur la confrontation du spectre avec ceux que propose la bibliothèque de spectres du laboratoire.

Quantification des composés

Pour un dosage précis des composés, le CPG est couplé à un détecteur à ionisation de flamme (FID). La concentration définie est généralement proportionnelle à la surface du pic et est calculée par rapport au pic du (ou des) composé(s) de référence utilisé(s) comme standard interne. Cette concentration est exprimée par rapport à la masse de l'extrait ou par rapport à la masse de riz cru prélevé pour la cuisson.

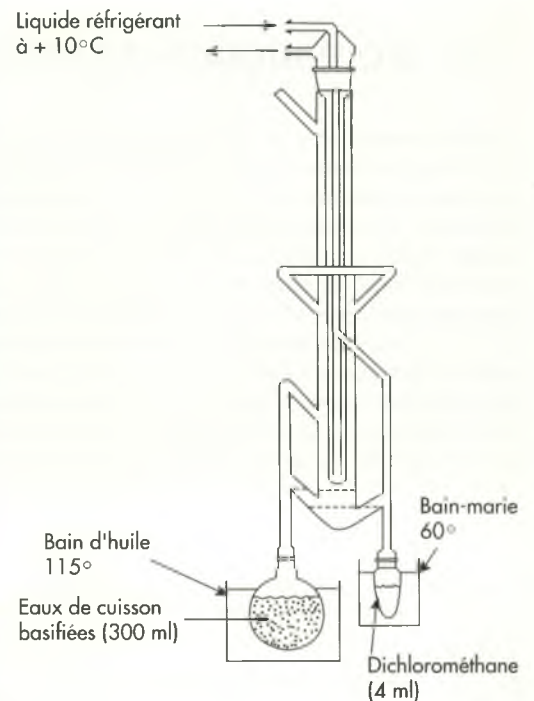


Figure 2. Schéma de l'appareil de GODEFROOT utilisé pour l'extraction et la distillation simultanée de la fraction volatile d'un riz à partir des eaux de cuisson (d'après GODEFROOT *et al.*, 1981). La colonne centrale de l'appareil renferme un doigt réfrigéré à +10 °C permettant aux vapeurs d'eau et de solvant, au niveau desquelles s'effectue l'extraction, de condenser. Les phases liquide, aqueuse et organique décantent dans la partie inférieure de la colonne et sont recyclées dans leur ballon respectif. Le solvant est ainsi progressivement enrichi en composés aromatiques. Ce cycle dure une heure à l'issue de laquelle l'extrait récupéré est concentré sous courant d'azote.

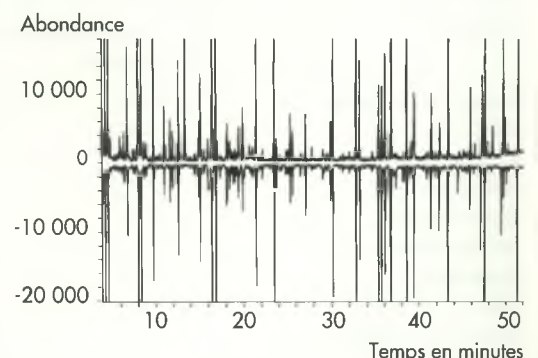


Figure 3. Graphes obtenus après chromatographie en phase gazeuse d'un extrait EDS des eaux de cuisson de la variété parfumée Azucena (graphe supérieur) et de la variété non parfumée IR-64 (graphe inférieur).

Azucena est une variété du groupe *japonica* utilisée en culture pluviale.

IR-64 est une variété de riz *indica*, non parfumée, utilisée en culture irriguée.

Sa concentration, déterminée dans diverses variétés de riz, va de 40 à 90 microgrammes par kilogramme (ppb) de riz cru dans sept variétés parfumées contre moins de 6-8 ppb dans les variétés non aromatiques (tableau 1) (BUTTERY *et al.*, 1983a). La mesure de la participation olfactive de quelques composés (définie par le rapport concentration / seuil de détection dans l'eau) a révélé la contribution majeure de la 2-acétyl-1-pyrroline à l'arôme de la variété L-202 — riz à grain long de Californie — (BUTTERY *et al.*, 1988). Ce riz n'est pas aromatique, ce qui signifie qu'il existe une concentration seuil en deçà de laquelle ce composé ne confère pas la qualification parfumée à un riz.

Il est intéressant de noter que les feuilles de Pandan (*Pandanus amaryllifolius*) sont utilisées par les Asiatiques pour apporter cet arôme « pop-corn » à des préparations culinaires à base de riz non parfumés. En effet, l'analyse aromatique de ces feuilles a révélé de fortes concentrations en 2-acétyl-1-pyrroline (BUTTERY *et al.*, 1983b). Ce composé majeur a, par la suite, fait l'objet de mesures plus précises mais les techniques employées présentent parfois des résultats contradictoires. LIN *et al.* (1990) détectent plus de 2-acétyl-1-pyrroline dans le riz Della par rapport au riz Jasmine-85, à l'inverse de TANCHOTIKUL et HSIEH (1991). Il serait intéressant, à ce stade des recherches, de pouvoir comparer des variétés aromatiques entre elles sur la base des teneurs en plusieurs composés volatils.

En 1996, PETROV *et al.* isolent plus d'une centaine de composés volatils à partir de la variété aromatique Azucena (78 sont identifiés, dont 61 sont cités dans la bibliographie). Une analyse factorielle discriminante (AFD) des résultats quantitatifs permet d'identifier neuf composés discriminants entre Azucena et IR-64, la variété non aromatique de référence (tableau 2) — une vingtaine de composés ont pu être quantifiés de manière répétable. C'est, ici encore, la 2-acétyl-1-pyrroline qui permet la meilleure différenciation entre ces deux variétés de riz (figure 3). Toutefois, la seule mesure de sa concentration ne suffit pas à distinguer deux variétés de qualités aromatiques proches. Ainsi, trois riz aromatiques, Azucena, basmati et thaï, sont bien différenciés après AFD, à partir des concentrations des cinq composés discriminants (tableau 3).

Tableau 2. Valeurs discriminatoires de quelques composés identifiés dans la fraction volatile des variétés Azucena et IR 64.

Composés	Valeur du test de Fischer ⁽¹⁾	Probabilité associée au test ⁽²⁾
Pentanol	* 49,58	0
(E)-pent-2-éanal	0,03	85,91
Hexanal	0,59	45,58
Hexanol	* 88,46	0
Heptan-2-one	* 14,26	0,11
Heptanal	1,01	32,75
2-acétyl-1-pyrroline	* 419,74	0
(E)-hept-2-éanal	* 57,72	0
Benzaldéhyde	* 25,47	0,01
Oct-1-èn-3-ol	1,16	29,3
Octanal	* 33,18	0
Phénylcétaldéhyde	0,96	33,95
(E)-oct-2-éanal	0	95,18
Octanol	0,79	38,83
Décanal	0,2	66,56
(E,Z)-déca-2,4-diéanal	2,31	13,96
(E,E)-déca-2,4-diéanal	5,61	2,58
Pentadécan-2-one	* 30,78	0
6,10,14-triméthylpentadécan-2-one	* 62,49	0
Hexadécanol	* 37,68	0

(1) : valeur du test de Fischer à 1 et 22 degrés de liberté, une valeur élevée signifie une importance participation du composé à l'arôme.

(2) : probabilité associée au test en %.

* Composé à haute valeur discriminatoire.

Tableau 3. Valeurs discriminatoires de quelques composés dosés dans les variétés Azucena, basmati et thaï.

Composés	Valeur du test de Fischer ⁽¹⁾	Probabilité associée au test ⁽²⁾
Pentanol	* 70,11	0
Hexanal	10,8	0,56
Hexanol	4,38	5,15
Heptan-2-one	* 157,73	0
Heptanal	19,96	0,09
2-acétyl-1-pyrroline	2,13	18,02
(E)-hept-2-éanal	0,53	61,42
Benzaldéhyde	* 23,12	0,06
Oct-1-èn-3-ol	17,2	0,15
Octanal	* 51,84	0,01
(E)-oct-2-éanal	19,8	0,10
(E,E)-déca-2,4-diéanal	3,6	7,63
Pentadécan-2-one	3,05	10,28
6,10,14-triméthylpentadécan-2-one	* 93,21	0
Hexadécanol	4,82	4,22

(1) : valeur du test de Fischer à 2 et 8 degrés de liberté, une valeur élevée signifie une importance participation du composé à l'arôme.

(2) : probabilité associée au test en %.

* Composé à haute valeur discriminatoire.

Cinq composés peuvent ainsi être retenus pour différencier les trois variétés aromatiques.

Synthèse de la 2-acétyl-1-pyrroline

La synthèse de la molécule de 2-acétyl-1-pyrroline a été réalisée par plusieurs équipes (BUTTERY, 1983a et b ; DE KIMPE *et al.*, 1993). Certaines sociétés de production de bases aromatiques ont également synthétisé des molécules dont l'odeur correspond à celle du pop corn. Cependant, l'emploi de ces molécules de synthèse est limité à cause de leur prix actuellement prohibitif. La 2-acétyl-1-pyrroline n'est pas un composé GRAS (*Generally Recognized As Safe*) (déclaré non toxique), donc elle ne peut être employée comme substance d'aromatization.

Les méthodes rapides de différenciation

Un acheteur de riz sait discerner l'odeur des riz « basmati » des autres riz parfumés. Dans le but de différencier les riz basmati des autres riz, qu'ils soient parfumés ou non, diverses méthodes ont été étudiées par la Flour Milling and Baking Association (FMBRA) en Grande-Bretagne.

Mesure de la viscosité des farines

On mesure, au moyen d'un analyseur rapide de viscosité, la viscosité d'une solution de farine de riz dans de l'eau au cours d'un cycle de chauffage de 50 °C, 90 °C, 50 °C. Les courbes de pastification de variétés pures de riz ont été réalisées. Celles obtenues pour les huit variétés pures de « basmati » analysées sont bien regroupées et distinctes des courbes des riz à longs grains des Etats-Unis. En revanche, les « basmati » ne se distinguent pas toujours des autres variétés de riz parfumés.

Mesure de la taille du grain

On mesure la taille et la forme du grain de riz cuit par analyse d'image au moyen d'une caméra reliée à un ordinateur. En établissant plusieurs ratios, on arrive à discriminer les « basmati » des riz à grains longs des Etats-Unis, bien qu'avec quelques recouvrements.

Spectre des variétés de riz dans le proche infra rouge

Toujours dans le but de séparer les riz « basmati » et les autres riz à grains longs, on

Mieux comprendre l'arôme

Il faut bien garder présent à l'esprit que l'analyse d'un arôme n'est jamais exhaustive.

Chacune des **méthodes d'extraction** présente des avantages et des inconvénients et nécessite une optimisation de tous les paramètres qui peuvent intervenir : quantités d'échantillon, préparation avant extraction, temps de chauffage, température, durée d'extraction, solvant utilisé, concentration.

La séparation des composés volatils par CPG conditionne également la qualité des résultats par le choix des paramètres liés à la colonne de chromatographie et aux conditions analytiques employées.

L'identification s'appuie sur des banques de spectres plus ou moins bien fournies et doit être complétée par l'injection en parallèle du composé pur.

La quantification reste l'une des étapes les plus délicates du point de vue de la répétabilité des résultats. En effet, si l'on considère la biogenèse de l'arôme, on s'aperçoit qu'elle met en jeu des réactions très complexes — liées au chauffage — intervenant entre les divers constituants biochimiques que peut renfermer la matrice (acides aminés, sucres, acides gras, pigments). La genèse de l'arôme est alors fonction de la température et de la durée de chauffage appliquées lors de l'extraction ou lors de la préparation de l'échantillon (décorticage, broyage par exemple). La moindre déviation dans le réglage des paramètres peut entraîner des différences significatives dans le dosage d'un composé volatil, et ce de façon d'autant plus accentuée qu'il est présent en faible quantité.

Les conditions de culture (climat, humidité), de récolte et de stockage sont déterminantes pour la qualité aromatique d'un végétal. C'est pourquoi il est important de bien connaître tous ces paramètres pour comparer des lots d'une même variété de riz et conclure quant à son origine.

établit le spectre des variétés de riz par transmittance dans le proche infra rouge sur des échantillons de 200 grammes — pris ensemble ou sur une vingtaine de grains pris individuellement (OSBORNE *et al.*, 1993). Des résultats encourageants ont été obtenus. L'avantage de cette méthode est d'analyser des grains entiers crus, donc elle est facile à utiliser pour l'authentification des lots commerciaux adultérés, mais ne peut pas être appliquée pour différencier les riz aromatiques des non aromatiques.

Déterminisme génétique de l'arôme des riz

L'arôme du riz est un caractère héréditaire. Sa nature mono ou oligogénique n'est pas encore bien définie : certains auteurs concluent à un caractère monogénique (HOFF, 1986 ; ALI *et al.*, 1993), d'autres concluent à un caractère oligogénique (NAGARAJU *et al.*, 1975).

Les résultats des travaux aromatiques (analyse aromatique des lignées issues du croisement IR 64 x Azucena) effectués par PETROV *et al.* (1996) ont été exploités par l'équipe de généticiens du CIRAD (laboratoire BIOTROP) afin de définir une relation phénotype / génotype pour le caractère aromatique.

L'étude est fondée sur la combinaison de deux types de résultats (figure 4) :

- l'analyse aromatique de lignées d'haploïdes doublés (HD) obtenus par culture d'anthers de la F1 issue du croisement IR-64 par Azucena. Un dosage des neuf composés discriminants a été effectué sur 90 lignées HD ;

- l'obtention d'une carte de marqueurs moléculaires à partir de cette même population HD élaborée à l'International Rice research Institut (IRRI).

Des logiciels de cartographie ont permis de combiner ces deux groupes d'informations afin de déceler l'existence d'un gène intervenant dans l'expression de l'arôme chez le riz. Un important *Quantitative Trait Loci* (QTL) a ainsi été localisé sur le chromosome 8 du génome en liaison avec

les résultats quantitatifs obtenus pour la 2 acétyl-1-pyrroline. Ce résultat confirme et complète celui de AHN *et al.* (1992), comme il atteste du rôle majeur de la 2-acétyl-1-pyrroline dans la caractérisation de l'arôme d'un riz parfumé. Un groupe de trois marqueurs moléculaires très étroitement liés à ce gène a été défini par une équipe de l'ORSTOM (Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération, LORIEUX *et al.*, 1996), ce qui constitue un important outil d'aide à la sélection lors des programmes d'amélioration variétale. Une sélection par *backcross* successifs assistée par marqueurs moléculaires est en effet envisageable et représenterait un gain de temps et de matériel non négligeable.

Outre cet outil d'aide à la sélection, le marquage moléculaire permet également la détection de grains de riz non aromatiques dans des lots de riz parfumés.

Perspectives

On veut obtenir un moyen rapide de détecter et de quantifier l'adultération d'un lot commercial de riz aromatique par un riz qui ne l'est pas.

Authentification des lots

La priorité doit être donnée à des méthodes simples et rapides, à des prix suffisamment attractifs pour les opérateurs économiques, répondant aux préoccupations suivantes :

- identifier un riz basmati en le distinguant clairement d'un riz thaï ou d'un autre riz aromatique ;
- déterminer le taux d'adultération d'un lot commercial de riz parfumé par du riz non aromatique, d'aspect et d'origine géographique similaires.

Pour répondre à ces objectifs, les recherches futures concerneront principalement l'amélioration de la répétabilité et de la précision des mesures, qui permettra de travailler sur plus de composés et donc peut-être d'affiner la discrimination entre variétés de riz. En effet, si le dosage de la 2-acétyl-1-pyrroline suffit pour différencier les qualités de deux riz aromatiques, la distinction entre des riz de qualités aromatiques proches nécessite le dosage d'autres composés. A cette fin, il semble nécessaire de parvenir à extraire des quantités plus importantes de

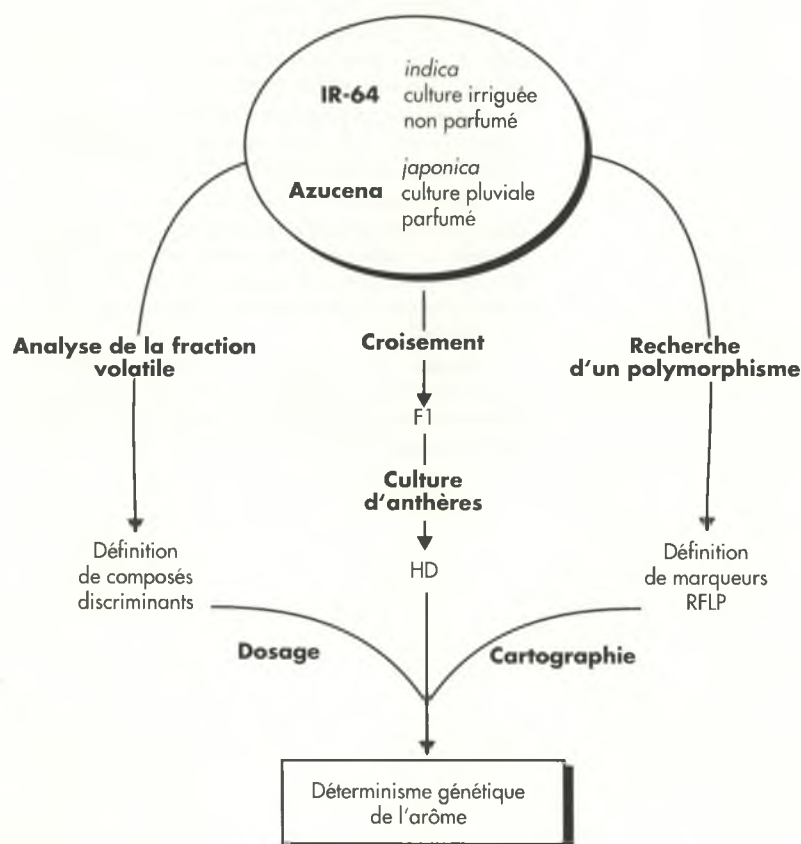


Figure 4. Schéma de sélection des riz. Plan expérimental pour étudier le déterminisme génétique de l'arôme (PETROV, 1995).

chacun des composés en minimisant notamment les pertes par les vapeurs d'eau non récupérées. Il faudrait pour cela développer la technique actuelle dans le sens d'une cuisson-extraction simultanées.

L'idéal serait d'obtenir des profils aromatiques types pour chacune des variétés de riz commercialisées.

Il faut rappeler que les marqueurs moléculaires du gène arôme peuvent être utilisés comme détecteurs d'adultération de lots de riz parfumés par des riz non aromatiques. C'est une voie de recherche à exploiter.

Amélioration de la qualité aromatique des riz cultivés en Camargue

Il sera nécessaire d'adapter nos résultats aux exigences des programmes de sélection mis en place en camargue. En effet, les croisements effectués devront être judicieusement choisis en fonction des sous-espèces impliquées (*indica*, *japonica*) et des qualités agronomiques ou culinaires requises. Il faut donc vérifier que le gène identifié dans la variété Azucena se retrouve bien dans d'autres variétés parfumées.

Des essais de croisements sont en cours à l'ORSTOM afin de tester la qualité du transfert de gène arôme *via* l'utilisation des marqueurs moléculaires. En effet, il faut maintenant vérifier si la présence du gène, localisé sur le chromosome 8, suffit à l'expression du gène aromatique du riz.

BUTTERY R.G., JULIANO O.B., LING L.C., 1983b. Identification of rice aroma compound 2-acetyl-1-pyrroline in pandan leaves. *Chem. Ind. London*, p. 478.

BUTTERY R.G., TURNBAUGH J.G., LING L.C., 1988. Contributions of volatiles to rice aroma. *J. Agric. Food Chem.* 36 : 1 006-1 009.

DE KIMPE N.G., STEVENS C.V., KEPPENS M.A., 1993. Synthesis of 2-acetyl-1-pyrroline, the principal rice flavor component. *J. Agric. Food Chem.* 41 : 1 458-1 461.

HOFF B.J., 1986. Inheritance of scent in american long grain rice. *Crop Sci.* 26 : 876-878.

GODEFROOT M., SANDRA P., VERZELE J., 1981. New method for quantitative essential oil analysis. *J. Chrom.* 203 : 325-335.

LIN C.F., HSIEH T.C.Y., HOFF B.J., 1990. Identification and quantification of the « pop-corn » -like aroma in Louisiana aromatic Della rice (*Oryza sativa* L.). *J. Food Sci.* 55 (5) : 1 466-1 469.

LORIEUX M., PETROV M., HUANG N., GUIDERDONI E., GHESQUIERE A., 1996. Aroma in rice : genetic analysis of a quantitative trait. *Theor. Appl. Genet.*, sous presse.

NAGARAJU M. D., CHAUDHARY D., RAO M.J.B., 1975. A simple technique to identify scent in rice and inheritance pattern of scent. *Curr. Sci.* 44 : 599.

OSBORNE B.G., MERTENS B., THOMPSON M., FEARN T., 1993. The authentication of Basmati rice using near infrared spectroscopy. *J. Near Infrared Spectroscopy* 1 : 77-83.

PETROV M., DANZART M., GIAMPAOLI P., FAURE J., RICHARD H., 1996. Rice aroma analysis: discrimination between scented and non-scented rice. *Science des aliments*, 16 (4) sous presse.

PETROV M., 1995. Caractérisation de la fraction volatile d'un riz parfumé. Etude du déterminisme génétique du caractère aromatique. Thèse de doctorat, université Paris 11, Orsay, France, 106 p.

REINKE R.F., WELSH L.A., REECE J.E., LEWIN L.G., BLAKENEY A.B., 1991. Procedure for quality selection of aromatic rice varieties. *IRRN* 16 (5) : 10-11.

TANCHOKITUL U., HSIEH T.C.Y., 1991. An improved method for the quantification of 2-acetyl-1-pyrroline, a « popcorn »-like aroma, in aromatic rice by high-resolution gas chromatography/mass spectrometry/selected ion monitoring. *J. Agric. Food Chem.* 39 : 944-947.

YAJIMA I., YANAI T., NAKAMURA M., SAKAKIBARA H., HAYASHI K. 1979. Volatile flavor components of cooked Kaorimai (scented rice, *O. sativa japonica*). *Agric. Biol. Chem.* 43 : 2 425-2 429.

Bibliographie

AHN S. N., BOLLIH C.N., TANKSLEY S. D., 1992. RFLP tagging of a gene for aroma in rice. *Theor. Appl. Genet.* 84 : 825-828.

ALI S.S., JAFRI S. J., KHAN M. G., BUTT M. A., 1993. Inheritance studies for aroma in two aromatic varieties of Pakistan. *IRRN* 18 (2) : 6.

BUTTERY R.G., LING L.C., JULIANO B.O., 1982. 2-acetyl-1-pyrroline : an important aroma component of cooked rice. *Chem. Ind. London*, 958 p.

BUTTERY R.G., LING L.C., JULIANO B.O., TURNBAUGH J.G., 1983a. Cooked rice aroma and 2-acetyl-1-pyrroline. *J. Agric. Food Chem.* 31 : 823-826.

Résumé... Abstract... Resumen

M. PETROV, J. FAURE — **Le parfum des riz : comment reconnaître et caractériser les arômes des riz ?**

Le marché européen des riz aromatiques se développe à grande vitesse et la concurrence entre les diverses origines est importante. Il devient indispensable de contrôler la qualité et l'authenticité des lots de riz importés. La caractérisation de l'arôme des riz a déjà fait l'objet de nombreux travaux ces quinze dernières années et le résultat majeur concerne la molécule de 2-acétyl-1-pyrroline qui caractérise quantitativement et olfactivement l'arôme des riz parfumés en général. Les procédés d'extraction et d'analyse chromatographique sont sans cesse améliorés afin d'obtenir des profils aromatiques et des résultats quantitatifs qui soient les plus répétables possible afin d'envisager de différencier des riz à partir de leur qualité aromatique. Des méthodes indirectes de différenciation entre riz aromatiques et non aromatiques sont actuellement utilisées : mesure de la viscosité des farines, mesure de la taille et de la forme des grains de riz et analyse de spectres dans le proche infrarouge. Ces méthodes restent toutefois imprécises. Le but des recherches actuellement engagées est la mise au point de procédures analytiques permettant l'authentification des lots de riz commercialisés. Simultanément, la définition génétique de l'arôme est à l'étude pour utiliser la technique du marquage moléculaire dans la détection précoce de lignées parfumées dans les programmes de sélection variétale.

Mots-clés : riz, basmati, thaï, arôme, extraction, identification, génétique, 2-acétyl-1-pyrroline.

M. PETROV, J. FAURE — **Scented rice: how can rice aroma be recognized and characterized?**

The European market in aromatic rice is rapidly expanding and there is considerable competition between the various sources. Control of the quality and authenticity of imported rice is becoming essential. Characterization of rice aroma has already been much studied these last 15 years and the major outcome of this work has been identification of 2-acetyl-1-pyrroline as the molecule that generally determines aromatic strength and olfactive quality in scented rice. The processes of extraction and chromatographic analysis are constantly being improved to obtain aromatic profiles and quantification as reproducible as possible with a view to differentiating rices by their aroma. At present, indirect methods of differentiating between aromatic and nonaromatic rices are used: measurement of flour viscosity, measurement of grain size and shape, and near infrared spectroscopic analysis. However, these methods remain imprecise. Current research aims to develop analytical techniques enabling authentication of batches of marketed rice. At the same time, the genetic basis of the aroma is being studied with a view to using molecular marker techniques for early detection of scented lines in breeding programmes.

Keywords: rice, Basmati, Thai, aroma, extraction, identification, genetics, 2-acetyl-1-pyrroline.

M. PETROV, J. FAURE — **El perfume del arroz: ¿cómo reconocer y caracterizar los aromas del arroz?**

El mercado europeo de los diferentes tipos de arroz aromático se está desarrollando a gran velocidad y la competencia entre los diversos orígenes es muy grande, siendo así indispensable controlar la calidad y autenticidad de los lotes de arroz importados. La caracterización del aroma del arroz ya ha sido estudiada en numerosos trabajos en los últimos quince años y el principal resultado concierne la molécula de 2-acetil-1-pirrolina que caracteriza cuantitativa y olfativamente el aroma del arroz perfumado en general. Los procedimientos de extracción y análisis cromatográfico se mejoran sin cesar con el fin de obtener perfiles aromáticos y resultados cuantitativos que sean lo más repetibles posible para poder diferenciar los tipos de arroz a partir de su calidad aromática. Actualmente, se utilizan métodos indirectos de diferenciación entre un arroz aromático y uno no aromático: medición de la viscosidad de las harinas, medición del tamaño y la forma de los granos de arroz y análisis de espectros en el infrarrojo cercano. Sin embargo, estos métodos son imprecisos. El objetivo de las investigaciones que se están realizando es poner a punto procedimientos analíticos que permitan autentificar los lotes de arroz comercializados. Simultáneamente, se está estudiando la definición genética del aroma para utilizar la técnica del mercado molecular en la detección precoz de cepas perfumadas en los programas de selección varietal.

Palabras clave: arroz, basmati, thai, aroma, extracción, identificación, genética, 2-acetyl-1-pirrolina.



Variété de riz IR 64. Cliché E. Guiderdoni