épices et herbes aromatiques

publié le 30.04.08 |par hubert richard

cet article fait partie d'un dossier sur les arômes. il présente les différents composés chimiques responsables des flaveurs des épices et des aromates. il en détaille la nature (composés aromatiques, huiles essentielles...) et l'abondance. il propose une intéressante classification des épices et aromates, fondée non pas sur des bases morphologiques, mais sur leurs propriétés organoleptiques. il précise les traitements parfois nécessaires après récolte du produit frais pour l'obtention de l'arôme. il termine en présentant les composés, extraits des épices et herbes aromatiques, qui possèdent des propriétés antiseptiques, antioxydantes, ou une toxicité reconnue.

1. introduction

les épices et les herbes aromatiques sont des produits d'origine végétale utilisées dans l'alimentation. elles sont, pour une bonne part, responsables des plaisirs de la table et n'ont aucune valeur nutritionnelle.

très prisées et convoitées depuis la plus haute antiquité, les épices furent monnaies d'échange ou « espèces », d'où leur nom d'épices. tour à tour, grecs, carthaginois, romains, arabes, portugais, hollandais, anglais et français créeront leurs propres comptoirs, et, pour avoir le monopole des épices, se feront des guerres coloniales sans merci (delaveau, 1987).

2. terminologie

la distinction faite ici entre les épices et les herbes aromatiques est proche de celle de nos voisins anglo-saxons qui ont l'habitude d'employer le terme *spices* pour les produits aromatiques dépourvus de chlorophylle, dont la majorité provient de pays tropicaux, et celui de *herbs* pour les plantes dont on utilise la partie herbacée à l'état frais ou séchée. ces fines herbes poussent sur tout le pourtour du bassin méditerranéen. cultivées par des maraîchers, elles sont vendues sur nos marchés à l'état frais. mais de plus en plus, nous les utilisons à l'état déshydraté. cette forme est plus adaptée à notre style de vie accélérée qui nous pousse à effectuer nos achats une fois par semaine dans des hypermarchés, réservant aux week-ends le plaisir des petits marchés et des « bons petits plats mijotés ».

la terminologie utilisée pour classer ces plantes aromatiques est parfois assez confuse ; ainsi, l'oignon peut être considéré comme un aromate ou un légume, la moutarde et le raifort comme des condiments ou des aromates. définir avec précision les concepts d'épices, d'aromates, ou de condiments n'est pas évident. les définitions dépendent en fait de l'angle sous lequel on regarde ces produits, c'est-à-dire essentiellement de leurs utilisations. dans une soupe ou une tarte à l'oignon, l'oignon sera plus perçu en tant que légume, alors que dans la sauce piquante ou la sauce robert, l'accent est plutôt mis sur son rôle d'aromatisant.

3. nature des flaveurs contenues dans les herbes et les épices

la popularité des épices et herbes aromatiques a été, et reste, très liée à leurs propriétés organoleptiques.

la notion de flaveur des épices et aromates recouvre l'ensemble des perceptions olfacto-gustatives (odeurs, arômes et saveurs). ces perceptions résultent de stimuli générés par une multitude de composés organiques. certains de ces composés sont volatils et constituent ce que l'on appelle, en général, l'huile essentielle. les autres non-volatils sont plus particulièrement responsables de la saveur et de la couleur. beaucoup sont sensibles à la chaleur et à la lumière qui provoquent leur dégradation, si bien que les épices et leurs extraits se conservent mieux à l'abri de la lumière et de l'humidité, c'est-à-dire dans des récipients opaques et dans des endroits secs et frais.

l'huile essentielle est extraite à partir de l'épice, soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe des citrus (voir l'article : qu'est-ce qu'un arôme alimentaire ?). elle est constituée de plusieurs centaines de composés. parmi cette multitude de constituants, certains jouent un rôle privilégié, car ils représentent à eux seuls la note olfactive du produit alimentaire, (richard et multon, 1992 ; takeoka, 1998 et belitz et grosch, 1999), ce sont les composés clés de l'épice.

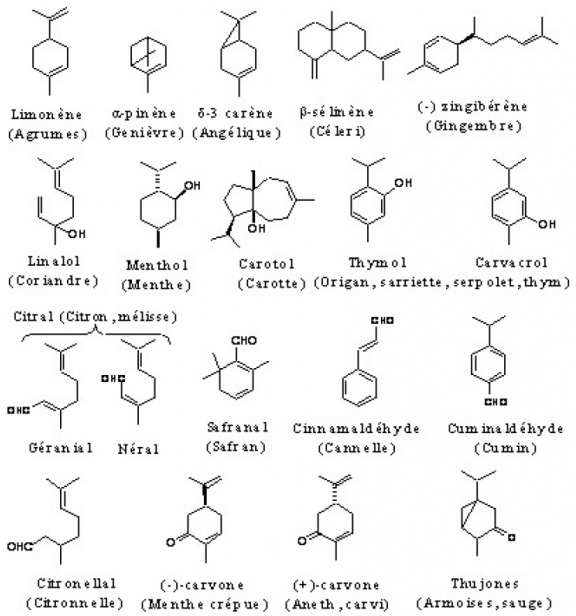


figure 1 - quelques composés volatils des herbes et des épices

auteur(s)/autrice(s) : hubert richard licence : pas de licence spécifique (droits par défaut)

quant à l'oléorésine, qui est une concrète, si le végétal extrait était frais, et un résinoïde s'il était sec, elle est obtenue par extraction de l'épice ou de l'herbe aromatique à l'aide d'un solvant organique apolaire (hexane, dioxyde de carbone, dichlorométhane, etc) qui est ensuite éliminé par distillation sous pression réduite. cette oléorésine contient non seulement les constituants volatils de l'huile essentielle mais aussi tous les composés sapides et les pigments apolaires (ci-dessous).

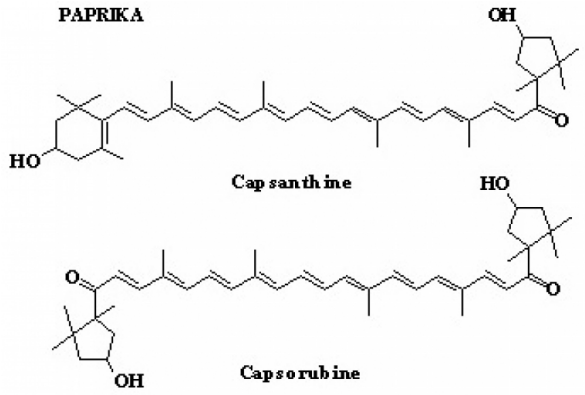


figure 2 - pigments des épices

auteur(s)/autrice(s) : hubert richard licence : pas de licence spécifique (droits par défaut)

voici les composés sapides de quelques épices

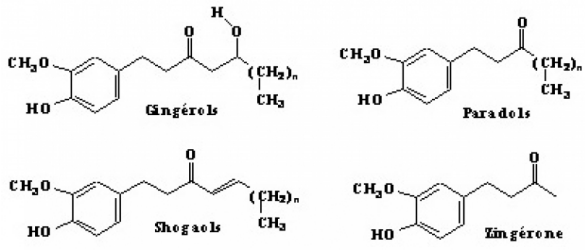


figure 3 - composés aromatiques du gingembre

auteur(s)/autrice(s) : hubert richard licence : pas de licence spécifique (droits par défaut)

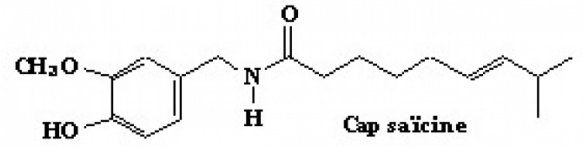


figure 4 - arômes du piment

auteur(s)/autrice(s) : hubert richard licence : pas de licence spécifique (droits par défaut)

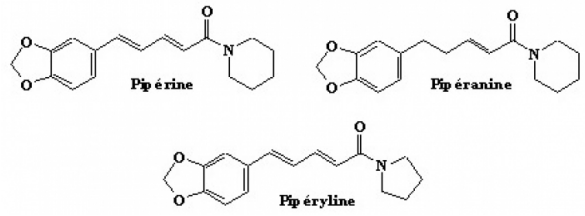


figure 5 - arômes du poivre

auteur(s)/autrice(s) : hubert richard licence : pas de licence spécifique (droits par défaut)

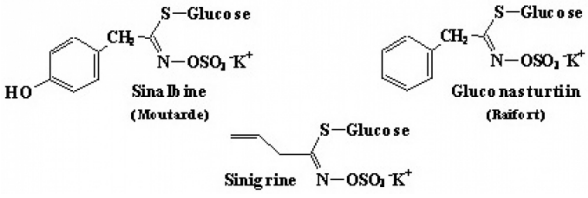


figure 6 - arômes de la moutarde et du raifort

auteur(s)/autrice(s) : hubert richard licence : pas de licence spécifique (droits par défaut)

les rendements en huile essentielle et en oléorésine sont élevés et varient, selon les épices et herbes aromatiques, entre 0,1 et 20 %.

teneurs en huiles essentielles et en oléorésines de diverses épices et herbes aromatiques

épices	huiles essentielles (%)	oléorésines (%)
ail		0,1 – 0,25
anis		1 – 4
basilic doux	0,1	
cannelle	1,6 – 3,5	7 -12
céleri	1,5 – 2,5	9 – 11
clou de girofle	14 – 21	15 – 18
coriandre	0,1 – 1	
cumin	2,5 – 5	
estragon	0,3 – 1,5	
fenouil	4 – 6	
genièvre (baies)	0,5 – 2,5	36
gingembre	0,3 – 3,5	3,5 – 10,3
laurier	0,5 – 1	17 -19
livèche	0,1 – 1	
marjolaine	0,2 – 0,3	
menthe poivrée	0,2 – 0,3	
noix de muscade	2,6 – 12	18 – 37
origan	1 environ	
persil (feuilles)	0,05 – 0,2	
poivre	1 – 3,5	5 – 15
romarin	0,5	
sarriette	0,1 – 0,2	
sauge		0,6 – 1,2

épices	huiles essentielles (%)	oléorésines (%)
thym	0,5 – 1,2	14 – 16
vanille		29,9 – 47

le pouvoir brûlant et piquant des épices est évalué sensoriellement, par la mesure, dans une solution à 5 % de saccharose, de la dilution du principe sapide ne provoquant plus de sensation brûlante (richard, 1992). il est exprimé en unité de chaleur scoville (shu). la capsaïcine avec 10.000.000 shu est environ 100 fois plus puissante que la pipérine, dont le caractère brûlant est à peu près équivalent à ceux des gingérols (80.0000 shu), paradols (100.000 shu) et shogaols (160.000 shu).

les industriels préfèrent utiliser des extraits et des préparations élaborées, plutôt que les épices et aromates en l'état. deux raisons essentielles militent en faveur de ce choix, d'une part, la résolution des problèmes de qualités organoleptiques et microbiologiques, d'autre part, une plus grande facilité de formulation et de dosage permettant une meilleure adaptation à l'automatisation des chaînes de fabrication du produit alimentaire.

4. classification des épices et herbes aromatiques

certes, la classification la moins critiquable est celle basée sur les caractéristiques morphologiques des plantes. elle présente cependant l'inconvénient de regrouper des plantes sans aucune proximité de flaveur. or, dans le domaine des industries alimentaires et de la gastronomie, il est au contraire plus intéressant de regrouper les épices et aromates en fonction de leurs propriétés organoleptiques (couleur, odeur, arôme et saveur), ce qui nous a conduit à proposer la classification suivante.

épices à saveur piquante et brûlante

piment	*capsicum sp.*	solanacée	capsaïcine
gingembre	*zingiber officinale* roscoe	zingiberacée	gingérols, shogaols
poivres	*piper nigrum* l.	piperacée	pipérine
moutardes	*brassica alba* boissier *brassica nigra* l.	crucifère	sinalbine sinigrine
raifort	*armoracia lapathifolia* gilib.	crucifère	gluconasturtiin

épices à pouvoir colorant

paprika	***capsicum annuum* l.**	**solanée**	**capsanthine, capsorubine**
curcuma	***curcuma longa* l.**	**zingiberacée**	**curcumine**
safran	***crocus sativus* l.**	**iridacée**	**crocétine**

épices aux notes terpéniques citronnées

orange	***citrus sinensis* l.**	**rutacée**	**limonène, aldéhydes**
citron	***citrus limon* l.**	**rutacée**	**limonène, citral**
citronnelle	***cymbopogon nardus cymbopogon winterianus***	**graminée**	**citronellal**
coriandre (feuilles)	***coriandrum sativum* l.**	**ombellifère**	**aldéhydes**
mélisse	***melissa officinalis* l.**	**labiée**	**citral**

épices à note épicée chaude

cumin	***cuminum cyminum* l.**	**ombellifère**	**cuminaldéhyde**
cannelles	***cinnamomum zeylanicum* nees *cinnamomum cassia* blume**	**lauracée**	**cinnamaldéhyde**
fenugrec	***trigonella fœnum-græcum***	**légumineuse**	**lactones**
aneth	***anethum graveolens* l.**	**ombellifère**	**(+)-carvone**
carvi	***carum carvi* l.**	**ombellifère**	**(+)-carvone**

épices à odeur phénolique

clou de girofle	*eugenia caryophyllata* thumb	myrtacée	eugénol
piment de la jamaïque	*pimenta dioica* l.	myrtacée	eugénol
cannelle (feuilles)	*cinnamomum zeylanicum*	lauracée	eugénol

herbes et épices à notes florale

basilic doux	*ocimum basilicum* l.	labiée	linalol
coriandre (graines)	*coriandrum sativum* l.	ombellifère	linalol

herbes et épices à odeur anisée

anis vert	*pimpinella anisum* l.	ombellifère	anéthole
badiane	*illicum verum* hookes	magnoliacée	anéthole
fenouil	*fœniculum vulgare* miller	ombellifère	anéthole
estragon	*artemisia dracunculus* l.	composée	estragole
basilique exotique	*ocimum basilicum* l.	labiée	estragole
cerfeuil	*anthriscus cerefolium* l.	ombellifère	estragole

herbes à sensation de fraîcheur

cardamome	***elettaria cardamomum***	**zingibéracée**	**acétate d'α-terpényle**
laurier	***laurus nobilis* l.**	**lauracée**	**1,8-cinéole**
menthes	***mentha sp.***	**labiée**	**menthol et (-)-carvone**
romarin	***rosmarinus officinalis* l.**	**labiée**	**1,8-cinéole et camphre**

herbes à phthalides

céleri	***apium graveolens* l.**	**ombellifère**	**senkyunolide et sélinènes**
livèche	***levisticum officinalis* koch.**	**ombellifère**	**ligustilide**

herbes à odeur terpénique

angélique	***angelica archangelica* l.**	**ombellifère**	**δ-3-carène**
carotte	***daucus carota* l.**	**ombellifère**	**carotol**
gingembre	***zingiber officinalis* roscoe**	**zingiberacée**	**β-zingibérène**
genièvre	***juniperus communis* l.**	**cupressacée**	**α-pinène**
muscade et macis	***myristica fragrans* houtt.**	**myristicacée**	**terpènes et myristicine**
persil	***petroselinum hortense* hoffm.**	**ombellifère**	**terpènes et et myristicine**

herbes à phénols

origan	*origanum vulgare* l.	labiée	thymol et carvacrol
sarriette	*satureia montana* l.	labiée	
serpolet	*thymus serpyllum* l.	labiée	
thym	*thymus vulgaris* l.	labiée	

les alliacées

ail	*allium sativum* l.	liliacée	disulfures de dipropyle d'allyle, de propényle, etc.
ciboulette	*allium schœnoprasum* l.	liliacée	
echalote	*allium ascalonicum* l.	liliacée	
oignon	*allium cepa* l.	liliacée	
poireau	*allium porum* l.	liliacée	

autres herbes et épices

safran	*crocus sativus* l.	iridacée	safranal
vanille	*vanilla planifolia andrews*	orchidée	vanilline
réglisse	*glycyrrhiza glabra* l.	légumineuse	glycyrrhizine

le curry est un mélange d'épices.

5. origine de la flaveur des épices et des herbes aromatiques

une même plante peut être à l'origine de plusieurs épices. plusieurs cas sont bien connus.

5.1. le poivre

poivres vert, blanc et noir proviennent tous du même grain de poivre (figure ci-dessous) récolté à divers stades de maturité. le séchage occasionne le noircissement du poivre noir. l'élimination du tégument externe, suite à un trempage, permet d'obtenir le poivre

blanc après séchage.

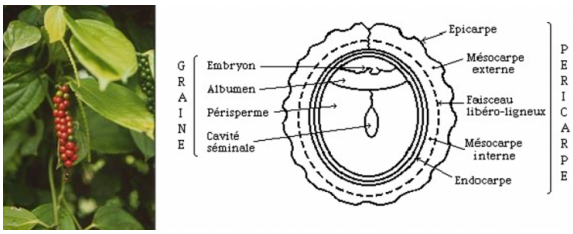


figure 7 - épi de poivre et schéma de la section du grain

auteur(s)/autrice(s) : hubert richard licence : pas de licence spécifique (droits par défaut)



figure 8 - le fruit du muscadier
fruit du muscadier avec l'arille à moitié détaché sur la noix, à gauche, où une partie de l'enveloppe en bois a été ôtée.

auteur(s)/autrice(s) : hubert richard licence : pas de licence spécifique (droits par défaut)

le fruit du muscadier (figure ci-dessous) donne naissance à la noix de muscade (amande) et au macis (arille enveloppant la partie boisée de la noix).

5.2. la cannelle et les feuilles du cannelier

la cannelle est constituée des écorces des jeunes pousses, qui, après séchage, donne les fameux tuyaux qui s'emboîtent les uns dans les autres et dont l'arôme nous est bien connu. les feuilles ont, par contre, un parfum très proche de celui du clou de girofle.

certaines épices ou herbes aromatiques ne possèdent pratiquement pas d'arôme sans un traitement technologique. tels sont les cas du safran, des alliacées, de la vanille, de la moutarde et du raifort.

5.3. le safran



figure 9 - bulbe de crocus sativus
le bulbe est en fleur, avec les stigmates de couleur rouge.

auteur(s)/autrice(s) : hubert richard
licence : pas de licence spécifique (droits par défaut)

le développement de l’arôme se réalise au cours du séchage des stigmates (figure ci-dessous) et la qualité de l’épice dépend grandement du soin qui y est apporté.

5.4. la vanille



figure 10 - balai de gousses de vanille

auteur(s)/autrice(s) : hubert richard
licence : pas de licence spécifique (droits par défaut)

les gousses récoltées encore vertes sont amères et sans parfum.

le processus de préparation de la vanille est lent et délicat. il s'étend sur environ quatre mois.
pour que se développe l'arôme, les gousses sont échaudées, puis placées dans des couvertures à l'intérieur de caissons d'étuvage pendant 24 à 48 heures où elles subissent une fermentation enzymatique. elles deviennent de couleur brunâtre, signe qu'elles sont mortes. elles sont ensuite séchées d'abord très lentement au soleil ou au four, puis à l'ombre. elles sont calibrées, mises en petits paquets et laissées dans des malles en bois ou en fer blanc pendant encore deux à huit mois au cours desquels l'arôme continue de s'affiner. elles sont alors prêtes à la commercialisation. l'épice est commercialisée en gousses, en poudre, en extrait liquide ou sous forme de sucre vanillé. l'arôme fin, persistant et agréable de la vanille provient en grande partie de la vanilline.

pour plus de détail sur la vanille voir l'article *tout sur la vanille*.

5.5. la moutarde, le raifort et les alliacées

chez ces épices, pour que l'arôme se développe, il est nécessaire que les précurseurs de ces arômes (glucosinolates ou sulfoxydes de l-cystéine) soient dégradés par les enzymes hydrolytiques de la plante, suite à un traitement mécanique, en général un broyage.

6. le séchage des épices

pour pouvoir être utilisés en toute saison, les épices doivent pouvoir se conserver sans moisir, c'est-à-dire sans être le siège d'un développement microbien. c'est ainsi que

depuis une vingtaine d'années se sont développés toute une gamme de produits séchés, épices et aromates en l'état, mélanges prêts à l'emploi, comme les herbes pour barbecue, poudres, etc. les industriels spécialisés dans la commercialisation de ces produits achètent les matières premières sur les lieux de production et les conditionnent.

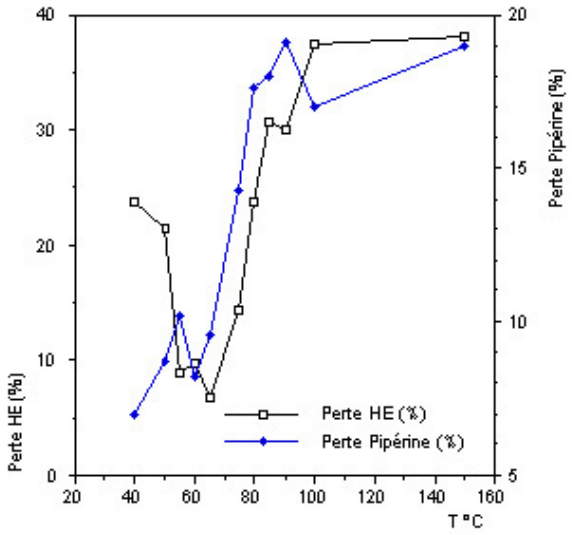


figure 11 - pertes en huiles essentielles et en pipérine, au cours du séchage du poivre, à différentes températures

auteur(s)/autrice(s) : hubert richard licence : pas de licence spécifique (droits par défaut)

la qualité des produits séchés dépend énormément des modes de séchage (figure) mais aussi des conditions de transport (hygrométrie et température). soulignons que le grossiste ou le triturateur d'épices et d'aromates déshydrate rarement lui-même ses produits, les achetant déjà séchés, sans avoir la possibilité de porter remède aux défauts de qualité qui se sont développés en amont. il est en partie tributaire de l'état de ce marché. aussi, le souci majeur du triturateur sera de maintenir la qualité organoleptique des épices et aromates au cours des transformations dont il est maître, c'est-à-dire : dépoussiérage, triage, parfois séchage, décontamination, broyage et stockage. parmi ces opérations, le broyage est l'étape la plus délicate pour le triturateur. en effet, la fabrication de mélanges d'épices en poudre prêts à l'emploi, dont la demande va croissant, est source de pertes d'arômes importantes, fonction bien souvent du type de broyeur utilisé. pour minimiser ces pertes, il est préférable de réaliser un broyage cryogénique sous azote pendant lequel la température de l'épice reste inférieure à -70 °c, réduisant presque à néant les pertes en arômes et en eau. l'emballage et le stockage jouent également un rôle clef, dont on ne mesure pas toujours l'importance.

on peut avoir également recours à la surgélation qui préserve bien mieux toutes les qualités organoleptiques du produit, à condition que la chaîne de froid soit maintenue de la fabrication à l'assiette du consommateur.

7. contamination des épices

selon l'origine des plantes (espèce, variété), l'écologie du milieu et le soin apporté par les pays producteurs (mode de récolte, de collecte, de préparation, de séchage, de stockage et de conditionnement), les épices et herbes aromatiques présentent des variations importantes de qualités hygiéniques et nécessitent des traitements de

décontamination.

contamination des herbes et des épices

épices	ufc/g	herbes	ufc/g
cumin	$>10^7$	aneth	$>10^6$
curcuma	$>10^7$	basilic	$>10^7$
gingembre	$>10^7$	persil	$>10^5$
paprika	$>10^7$	thym	$>10^6$
poivre	$>10^8$		
ufc : unités formant colonies.			

parmi les microorganismes identifiés dans les épices et herbes aromatiques séchées, on relève : *aspergillus flavus, bacillus cereus, staphilococcus aureus, bacillus subtilis, bacillus coagulans, escherichia coli, salmonella, shigella, vibrio, clostridium perfringens, yersinia enterocolitica,* etc.

dans ce domaine, le traitement par les radiations ionisantes, qui se développe de plus en plus, et le traitement à l'oxyde d'éthylène sont les meilleures techniques de décontamination, tant sur le plan des qualités organoleptiques que nutritionnelles. actuellement on peut affirmer que l'état sanitaire des produits sur le marché est à peu près satisfaisant.

8. propriétés antiseptiques des extraits d'herbes et d'épices

dans son livre, « le miasme et la jonquille », corbin nous montre comment aux xviii^{e} et xix^{e} siècles, pour lutter contre les mauvaises odeurs des villes et la pollution grandissante, le corps médical préconisait l'utilisation d'aromates auxquels il attribuait les pouvoirs de désinfection de l'air vicié et de stimulation de la défense de l'organisme. on se bardera donc d'aromates pour éviter les épidémies. actuellement, l'obsession d'être en danger dans un monde très pollué renaît, avec en parallèle le retour de thérapies douces comme l'aromathérapie, méthode de traitement à base d'huiles essentielles, de plantes aromatiques et médicinales.

en fait, plus que les épices et les herbes aromatiques, ce sont les extraits qui possèdent des propriétés antiseptiques vis-à-vis des micro-organismes pathogènes. parmi les extraits les plus étudiés, citons les origans, les armoises (tantaoui-eleraki *et al.*, 1993), les thyms et la cannelle (ferhout *et al.*,1999), le clou de girofle, le piment de la jamaïque, l'oignon, l'ail (conner et beuchat, 1984).

plusieurs composés sont souvent cités comme responsables des propriétés antiseptiques des huiles essentielles : le thymol, le carvacrol, le cinnamaldéhyde, l'eugénol, le 1,8-cinéol, le camphre et les thujones.

9. propriétés antioxydantes des extraits d'herbes et d'épices

depuis une quinzaine d'années, la recherche d'antioxydants naturels ou d'extraits à pouvoir antioxydant a suscité beaucoup d'intérêt. c'est ainsi que furent passées en revue toutes une série de plantes, et en particulier les épices.

de nombreux composés responsables du pouvoir antioxydant ont été identifiés. ce sont surtout des phénols et polyphénols.

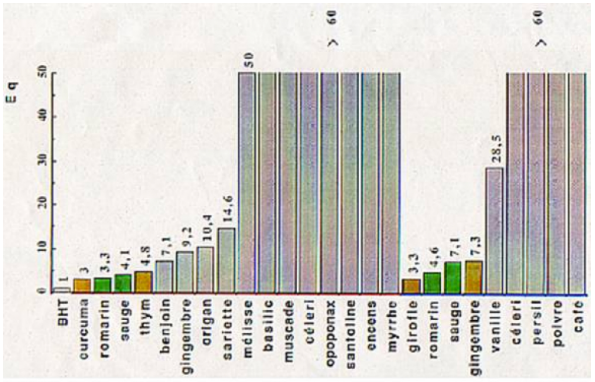


figure 12 - pouvoirs antioxydants de quelques extraits de plantes
le pouvoir antioxydant des extraits de plantes est exprimé en équivalence par rapport au butyl-hydroxy-toluène (bht).

auteur(s)/autrice(s) : hubert richard licence : pas de licence spécifique (droits par défaut)

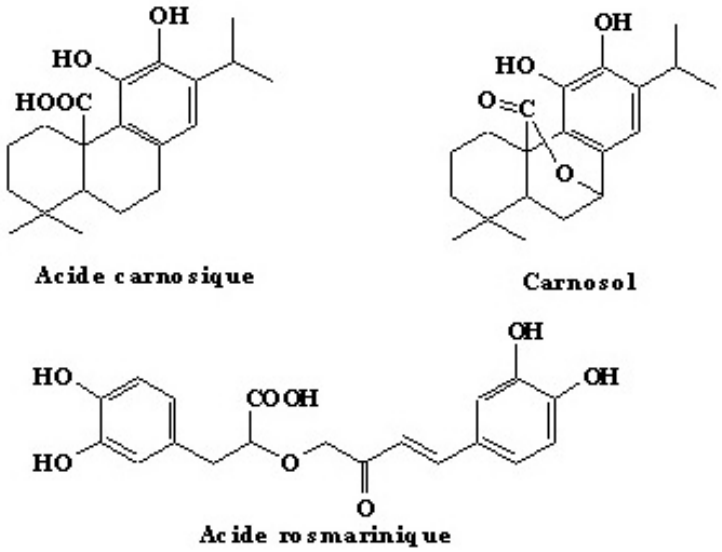


figure 13 - structures de quelques composés d'épices et d'herbes aromatiques dotés de pouvoirs antioxydants

auteur(s)/autrice(s) : hubert richard licence : pas de licence spécifique (droits par défaut)

d'excellentes capacités à inhiber les réactions oxydatives ont été mises en évidence pour les huiles essentielles ou extraits de romarin, sauge, thym, origan, sarriette, clou de girofle, gingembre et curcuma (cuvelier *et al.*, 1990, 1992 et 1996). mais parmi ces plantes, seul le romarin a été l'objet d'un développement industriel. de plus, aujourd'hui, sous la pression des nutritionnistes, les pouvoirs publics semblent vouloir revenir sur les autorisations de ces produits, considérant que les extraits doivent être l'objet d'étude de toxicité quand leurs doses d'utilisation dépassent celles habituelles de l'épice en l'état.

quelques composés antioxydants

composés	présence dans
carvacrol thymol	thym origan sarriette serpolet
eugénol	clou de girofle piment de la jamaïque feuilles de cannelier
vanilline	vanille
gingérols paradols shogaols zingérone	gingembre
capsaïcine	piments
sinalbine	moutarde
acide carnosique acide rosmarinique carnosol	romarin sauge
curcumine	curcuma

10. composés toxiques des extraits d’herbes et d’épices

les épices et les herbes aromatiques ne posent aucun problème de toxicité lorsqu’elles sont utilisées en l’état dans les préparations culinaires, leur puissance aromatique limitant naturellement leur dose d’emploi bien en deçà des risques de toxicité.
par contre, il n’en est pas de même des huiles essentielles et des oléorésines, extraits très concentrés, qui peuvent être consommés de façon abusive et où certains composés peuvent présenter des risques de toxicité. tel a été le cas, dans le passé, des huiles essentielles d’armoise qui servaient à la confection de l’absinthe. l’abus de cet apéritif entraînait des crises d’épilepsie, concomitante de *delirium tremens* lié à un alcoolisme profond. une utilisation imprudente en aromathérapie peut également provoquer des troubles fonctionnels.

les composés toxiques des herbes et des épices sont bien connus (tableau ci-dessous), ce sont des composés présents naturellement dans les épices, les doses d’utilisation des plus toxiques sont d’ailleurs limitées.

quelques composés d’arôme présentant une certaine toxicité

composés	effet	plantes
(z)-anéthole	neurotoxique	anis vert, badiane, fenouil
apiole	psychotrope	persil
asarones	cancérogène	acore
bergaptène	mutagène	citrus (bergamote)
capsaïcine	inflammation	piment
1,8-cinéole	brûlure (gorge)	laurier, eucalyptus
cinnamaldéhyde	allergie	cannelle
coumarines	phototoxique	fève tonka
dillapiole	psychotrope	aneth
estragole	hépatotoxique	basilic, cerfeuil, estragon
glycyrrhizine	hypertension	réglisse
isothiocyanate d’allyle	suffocant	moutarde
myristicine	psychotrope	carotte, noix de muscade
pipérine	inflammation	poivre
pulégone	hépatotoxique	menthepouliot
psoralène	phototoxique	citrus, panais, rue
safrole	cancérigène	noix de muscade, macis
thujones	neurotoxique	armoise, mélisse, sauge, tanaisie
xanthotoxine	mutagène	citrus

notons que la « nature » n’est pas toujours aussi clémente que l’on veut bien le croire. et pourtant la législation continue à utiliser la notion de naturel par opposition au synthétique ou artificiel que le consommateur relie à une peur viscérale et peu raisonnée du chimiste.

11. bibliographie

- baratta m-t., dorman h-j., deans s., xxxx, 1998. *antimicrobial and antioxidant properties of some commercial essentiel oils. flavour frag.j.,* 13 , 235-244
- belitz h.d., grosch w., 1999. *food chemistry*. second edition, springer-verlag, berlin heidelberg (allemagne), 992 p.
- bruneton j., 1993. *pharmacognosie. phytochimie. plantes médicinales*. tec & doc, lavoisier, paris, 915 p
- bruneton j., 1996. *plantes toxiques. végétaux dangereux pour l'homme et les animaux* . tec & doc, lavoisier, paris, 529 p
- bullerman l.b., lieu f.y., seier s.a., 1977. inhibition of growth and aflatoxin production by cinnamon and clove oils, cinnamic aldehyde and eugenol. j. food sci., 42, 1107-1109 et 1116
- conner d.e., beuchat l.r., 1984. sensitivity of heat-stressed yeasts to essentiel oils of plants. *appl. environ. microbiol.*, 47, 229-233
- corbin a., 1986. *le miasme et la jonquille. l'odorat et l'imaginaire social xviii°-xix° siècles* . flammarion, paris, 336 p.
- cuvelier m-e., 1998. molécules antioxydantes. relation structure-activité. actes *des 16èmes journées internationales huiles essentielles*, digne-les-bains, 3-6 septembre 1997, *rivista italiana* e.p.p.o.s., n° spécial, 200-211
- cuvelier m-e., berset c., richard h., 1990. *use* of a*new test* for*determining comparative antioxidative activity* of*bha*, *bht*, α- and γ-*tocopherols* and*extracts* from *rosemary* and *sage*. *sci. aliments*, 10, 797-806
- cuvelier m-e., richard h., berset c., 1992. comparison of antioxidant activity of some acid phénols : structure-activity relationship. biosci. biotech. biochem., 56, 324-325
- cuvelier m-e., richard h., berset c., 1996. antioxidative activity and phenolic composition of pilot-plant and commercial extracts of sage and rosemary. *j. am. oil chem. soc.*, 73, 645-652
- delaveau p., 1987. *les épices. histoire, description et usage des différents épices, aromates et condiments* . albin michel editeur, 372 p.
- ferhout h., bohatier j., guillot j., 1999. antifungal activity of selected essential oils, cinnamaldehyde and carvacrol against *malasseria furfur* and *candida albicans. j. essent. oil res.*, 11, 119-129
- mckee l.h., 1995. microbial contamination of spices and herbs : a review. *lebensm.-wiss. u-technol.*, 28, 1-11
- morris j.a., khettry a., seitz e.w., 1979. antimicrobial activity of aroma chemicals and essential oils. *j. am. oil chem.soc.*, 56, 595-603
- richard h., 1991. spices and condiments. in : *volatile compounds in foods and beverages*. h. maarse (éd),. marcel dekker, new-york, chapter 12, 411-447.
- richard h., 1992. *épices et aromates*. tec & doc, lavoisier, paris, 339 p
- richard h., multon j.l., 1992. *les arômes alimentaires.* tec & doc, lavoisier, paris, 438 p
- richard h., loo a., lenoir j., 1987. *le nez des herbes et des épices*. jean lenoir ed., carnoux-en-provence (france), 1987.

- sionneau d., 1993. séchage du poivre (*piper nigrum*) et de la cardamome (*elettaria cardamomum maton*) : influence sur la qualité et sur la couleur. thèse en sciences alimentaires, ensia, massy (france)
- takeoka g., 1998. flavor chemistry of vegetables. *in flavor chemistry. thirty years of progress*. teranishi r. et al. (ed.), cluwer academic/plenum publishers, new york, 287-304
- tantaoui-elaraki a., ferhout h., errifi a., inhibition of the fungal asexual reproduction stages by three moroccan essential oils. *j. essent. oil res.*, 5, 535-545

CRÉDITS

AUTEUR(S)/AUTRICE(S)

hubert richard

professeur émérite de l’école nationale supérieure des industries agricoles et alimentaires (ensia).

MISE EN LIGNE

gilles camus

professeur agrégé de svt. il a été le responsable éditorial du site planet-vie de 2004 à 2016.

LICENCE DU TEXTE DE L'ARTICLE

VOIR MENTIONS LÉGALES