EVOLUTION DES ACIDES AMINES LIBRES AU COURS DE LA FERMENTATION ALCOOLIQUE DES JUS DE RAISIN PAR LES LEVURES DE FLEUR

II — Composition des vins et des cellules de levures

M.C. POLO et C. LLAGUNO
Institut des Fermentations industrielles
Conseil Supérieur de la Recherche Scientifique (C.S.I.C.)
Madrid (Espagne)

INTRODUCTION

Au cours de ces dernières années, de nombreuses études ont été réalisées sur les teneurs en acides aminés des vins de différents pays ainsi que sur les variations de ces teneurs au cours de la fermentation alcoolique. On a étudié également l'influence des traitements ainsi que celle des différents systèmes de vieillissement ou d'élaboration.

L'influence des conditions de vinification sur la composition azotée des vins a été étudiée par LAFON-LAFOURCADE et PEYNAUD (1961). D'après ces auteurs, les vins dont la teneur en acides aminés est la plus importante sont les vins vinifiés en rouge avec macération des parties solides du raisin et les vins blancs conservés sur lies. Ces mêmes auteurs observent que la vinification à chaud de raisins rouges conduit à un vin pauvre en substances azotées et dont le déficit en acides aminés, à l'exception de la proline, est important ; il arrive même que quelques acides aminés soient absents du vin obtenu par cette méthode de vinification.

Selon TERCELJ (1966) le « collage bleu », le traitement par la gélatine et le tanin, ainsi que le chauffage du vin, ne modifient pratiquement pas les teneurs en acides aminés libres et en ammonium ; cependant, la teneur en protéines diminue. Le traitement par les résines cationiques élimine les acides aminés libres, les petits peptides et une partie des protéines.

NANITASCHVILI et **al.** (1971) ont observé que les teneurs en certains acides aminés diminuent sensiblement au cours de la clarification et du traitement des vins par le froid.

Les variations de la teneur en acides aminés des vins mousseux, pendant le processus particulier d'élaboration, ont été étudiées par CARBALLO (1965 et 1968). Les chercheurs soviétiques GLONINA et AVAKYANTZ (1968) AVAKYANTZ et GOULAYEVA (1968), GLONINA et DUBINCHUK (1968) et RODOPOULO et PISSARNITSKY (1968), ont particulièrement étudié le double phénomène de la diminution de la teneur en substances azotées à la suite de leur consommation par les levures d'une part, et de l'augmentation de cette teneur d'autre part, à la suite de l'autolyse de ces mêmes levures.

BERGNER (1968), BIDAN (1969) et MARGHERI (1971 et 1972) trouvent des différences quantitatives entre les teneurs en acides aminés des mousseux élaborés en cuves closes et les teneurs de ceux élaborés en bouteilles ; ils attribuent ces différences à la durée de séjour sur lies.

Les acides aminés, dans le moût et dans le vin, sont essentiellement des aliments pour les levures en tant que source azotée et source carbonnée. D'après PEYNAUD et LAFON-LAFOURCADE (1962), les acides aminés sont assimilés par les levures à la suite d'un ou de plusieurs des trois mécanismes suivants : par désamination, décarboxylation et dégagement d'ammoniaque qui sert de source d'azote aux levures ; par transamination ou enfin par assimilation directe. Parmi ces trois mécanismes, c'est le troisième que l'on trouve le plus fréquemment (80 p. 100).

D'après SAENKO et SAKHAROVA (1963), les acides aminés les plus utilisés par les levures sont l'acide glutamique, le tryptophane, la valine, la lysine, l'alanine, la phénylalanine, la tyrosine, la sérine et, à un degré moindre, l'acide aspartique et le glycocolle.

Dans ce travail nous avons étudié l'évolution des acides aminés libres de quelques jus de raisin au cours de la fermentation alcoolique en présence de quatre souches de levures de fleur. Nous avons également déterminé, après hydrolyse acide, la teneur en acides aminés totaux des cellules de levures qui se sont développées sur ces moûts. La teneur en acides aminés libres des moûts avant fermentation a fait l'objet d'un précédent travail (POLO et LLAGUNO, 1974).

MATERIEL ET METHODES

Le matériel utilisé dans ce travail a été décrit par POLO et LLAGUNO (1974).

TABLEAU I

Evolution des acides aminés libres au cours de la fermentation du moût de PARDILLO par diverses souches de levures de « fleur »

Acides aminés	AVANT FERMENTATION		APRES FERMENTATION											
			S. cheresiensis			S. beticus			S. montuliensis			S. rouxii		
	µmoles par l	mg par l	µmoles par l	mg par l	Variations (p. 100)	µmoles par l	mg par l	Variations (p. 100)	µmoles par l	mg par l	Variations (p. 100)	µmoles par l	mg par l	Variations (p. 100)
Acide aspartique	445	59	traces	traces	(—)	43	6	—90	13	2	—97	56	7	—87
Thréonine	266	32	26	3	—90	—	—	—	29	4	—87	traces	traces	(—)
Sérine	286	30	25	3	—91	—	—	—	17	2	—94	»	»	(—)
Acide glutamique	320	53	60	10	—81	39	5	—91	42	7	—87	84	14	—73
Proline	2200	253	2508	289	14	2500	288	12	2500	288	12	1970	227	—10
Glycocolle	20	2	51	4	24	47	4	135	63	5	214	28	2	(=)
Alanine	146	13	479	43	23	—	—	—	251	22	72	121	11	—17
Valine	200	23	133	16	—34	—	—	—	86	10	—13	378	44	—89
Cystine	traces	traces	traces	traces	—	traces	traces	—	traces	traces	—	traces	traces	—
Méthionine	»	»	»	»	—	»	»	—	»	»	—	»	»	—
Isoleucine	60	8	15	2	—75	»	»	(—)	»	»	(—)	»	»	(—)
Leucine	82	11	38	5	—54	32	4	—60	36	5	—56	»	»	(—)
Tyrosine	traces	traces	11	2	—	traces	traces	—	8	1	—	»	»	(—)
Phénylalanine	89	15	29	5	—67	20	3	—80	16	3	—14	»	»	(—)
Lysine		traces	35	5	(+)	traces		—	11	2	(=)	62	9	(+)
Histidine	51	8	7	1	—86	»	»	(—)	15	2	—71	traces	traces	(—)
Arginine	480	84	30	5	—94	18	3	—95	28	5	—94	»	»	(—)
Tryptophane	420	86	31	6	—93	20	4	—95	58	12	—86	»	»	(—)
Hydroxyproline	460	60	120	16	—74	100	13	—78	131	17	—71	160	21	—65

Traces = moins de 20 µmoles par litre et de 2 mg par litre.

Hydrolyse des protéines.

Par chauffage sous reflux de 200 mg de protéine en présence de 20 ml de HCl 6N à 110 °C pendant 24 heures.

Les autres méthodes utilisées ont été décrites par POLO et LLAGUNO (1974).

METHODE GENERALE D'ELABORATION DES VINS.

Les moûts sont stérilisés par filtration sur plaque EK (filtre presse SEITZ Ariston) et respectivement ensemencés par **S. cheresiensis** V24, **S. beticus** 1652, **S. montuliensis** 1690 et **S. rouxii** 660, souches de la collection de l'Institut des Fermentations Industrielles.

La fermentation terminée, les levures sont séparées par centifugation à 1500 g pendant 30 minutes.

RESULTATS

Dans le tableau I nous avons rassemblé les résultats concernant les acides aminés libres après fermentation du moût de Pardillo par les souches de levures de fleur précédemment citées.

A la fin de la fermentation alcoolique, la proline, l'alanine, la valine et l'hydroxyproline sont les acides aminés dont la concentration est la plus élevée ; la cystine, la méthionine, la tyrosine et la lysine n'apparaissent que sous forme de traces. L'acide aspartique, la thréonine, la sérine, l'isoleucine, l'histidine, l'arginine et le tryptophane ont été métabolisés dans leur presque totalité par les quatre souches essayées. La phénylalanine qui est consommée presque totalement par **S. beticus** n'est assimilée que pour 14 p. 100 par **S. montuliensis.** La fermentation en présence de **S. cheresiensis** et de **S. montuliensis** conduit à la formation d'alanine, celle en présence de **S. rouxii** à la formation de valine.

Les résultats du dosage des acides aminés après fermentation du moût de Malvar par **S. cheresiensis, S. montuliensis** et **S. rouxii** sont rassemblés dans le tableau II. La proline, le glycocolle et l'alanine sont dans ce moût les acides aminés les plus abondants. Au cours de la fermentation, l'acide glutamique, l'arginine, l'acide γ-aminobutyrique et l'isoleucine sont les plus utilisés, tandis qu'au contraire, on trouve après fermentation des teneurs résiduelles en proline, en glycocolle, en cystine

TABLEAU II

Evolution des acides aminés libres au cours de la fermentation du moût de MALVAR par diverses souches de levures de « fleur »

ACIDES AMINES	AVANT FERMENTATION		APRES FERMENTATION								
			S. cheresiensis			S. montuliensis			S. rouxii		
	µmoles par l	mg par l	µmoles par l	mg par l	Variations (p. 100)	µmoles par l	mg par l	Variations (p. 100)	µmoles par l	mg par l	Variations (p. 100)
Acide aspartique	350	47	89	12	—75	—	—	—	200	27	—43
Thréonine	597	71	35	42	—41	82	9	—87	—	—	—
Sérine	770	81	110	12	—86	82	9	—89	—	—	—
Acide glutamique	770	127	45	7	—94	187	31	—75	182	30	— 76
Proline	4320	497	6050	695	+40	6500	747	+50	10900	1250	+150
Glycocolle	124	9	198	15	+59	310	23	+150	366	27	+195
Alanine	710	63	360	32	—49	750	67	+6	1860	165	+160
Valine	390	46	44	5	—89	14	2	—96	87	10	—77
Cystine	traces	traces	129	16	(+)	97	12	(+)	155	19	(+)
Méthionine	0	0	28	4	(+)	15	2	(+)	39	6	(+)
Isoleucine	217	29	25	3	—89	24	3	—89	38	5	—82
Leucine	460	60	105	14	—77	85	11	—82	163	21	—65
Tyrosine	175	32	27	5	—85	25	4	—86	52	9	—70
Phénylalanine	377	62	54	9	—85	47	8	—87	91	15	—76
Lysine	148	22	77	11	—48	258	38	+74	400	58	+17
Histidine	45	7	21	3	—53	88	14	+95	300	47	+56
Arginine	3700	644	53	9	—98	770	134	—79	368	64	—90
Acide γ-aminobutyrique	1300	134	119	12	—91	486	50	—62	670	69	—48
Tryptophane	282	58	—	—	—	35	7	—88	48	10	—83
Hydroxyproline	328	43	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Traces = moins de 20 µmoles par litre et de 2 mg par litre.

TABLEAU III

Evolution des acides aminés libres au cours de la fermentation du moût de JAEN-41 B par diverses souches de levures de « fleur »

ACIDES AMINES	AVANT FERMENTATION		APRES FERMENTATION					
			S. cheresiensis			S. montuliensis		
	µmoles par l	mg par l	µmoles par l	mg par l	Variations (p. 100)	µmoles par l	mg par l	Variations (p. 100)
Acide aspartique	540	72	44	6	—92	62	8	—89
Thréonine	320	38	—	—	—	—	—	—
Sérine	380	40	—	—	—	—	—	—
Acide glutamique	940	155	—	—	—	117	19	—87
Proline	7700	855	7900	910	+ 2	10100	1160	+31
Glycocolle	—	—	145	11	—	158	12	—
Alanine	590	53	155	14	—74	342	30	—42
Valine	206	24	52	6	—75	97	11	—53
Cystine	0	0	traces	traces	(+)	traces	traces	(+)
Méthionine	0	0	»	»	(+)	»	»	(+)
Isoleucine	77	10	»	»	(—)	13	2	—83
Leucine	132	17	46	6	—64	45	6	—64
Tyrosine	76	14	traces	traces	(—)	121	22	+57
Phénylalanine	160	27	25	4	—84	24	4	—85
Lysine	36	5	30	4	—20	42	6	+20
Histidine	177	28	traces	traces	(—)	18	3	—90
Arginine	2160	376	—	—	—	19	3	—99
Acide γ-aminobutyrique	525	54	traces	traces	(—)	14	1	—98

Traces = moins de 20 µmoles par litre et de 2 mg par litre.

et en méthionine plus importantes que dans le moût. En outre, après fermentation par **S. montuliensis** et **S. rouxii,** il y a beaucoup plus de lysine et d'histidine.

Dans le tableau III sont rassemblées les teneurs en acides aminés libres après fermentation du moût de Jaén 41 B par **S. cheresiensis** et **S. montuliensis.** Ces deux souches, sur ce moût, consomment beaucoup d'acides aminés libres. Il n'apparaît que des quantités inférieures à 20 micromoles par litre de cystine, de méthionine, d'isoleucine, d'histidine, d'arginine et d'acide γ-aminobutyrique. Les acides aminés qui restent en plus fortes concentrations sont la proline et l'alanine, déjà parmi les plus abondants dans le moût.

La teneur en acides aminés après fermentation du moût de Garnacha par la souche de **S. cheresiensis** figure sur le tableau IV. La proline, l'ala-

TABLEAU IV

Evolution des acides aminés libres au cours de la fermentation du moût de GARNACHA par S. CHERESIENSIS

ACIDES AMINES	AVANT FERMENTATION		APRES FERMENTATION		
	µmoles par l	mg par l	µmoles par l	mg par l	Variations (p. 100)
Acide aspartique	186	25	traces	traces	(—)
Thréonine	202	24	100	12	—50
Sérine	266	28	216	23	—18
Acide glutamique	975	161	170	28	—83
Proline	4150	477	4650	535	+12
Glycocolle	95	7	198	15	+50
Alanine	336	30	1170	104	+25
Valine	204	24	traces	104	(—)
Cystine	0	0	»	traces	(+)
Méthionine	0	0	»	»	(+)
Isoleucine	60	8	»	»	(—)
Leucine	99	13	52	7	—46
Tyrosine	55	10	22	4	—60
Phénylalanine	59	10	31	5	—47
Lysine	47	7	87	13	+87
Histidine	183	28	31	5	—83
Arginine	2360	410	1640	286	—30
Acide γ-aminobutyrique	1030	106	710	74	—30
Tryptophane	65	13	78	16	+19

Traces = moins de 20 µmoles par litre et de 2 mg par litre.

nine, l'arginine et l'acide γ-aminobutyrique sont les acides aminés qui restent en plus grande quantité. On remarque que les teneurs en glycocolle, proline, alanine et lysine sont plus importantes que dans le moût avant fermentation. Les acides aminés les plus utilisés pendant la fermentation sont l'acide glutamique et l'histidine.

TABLEAU V

Evolution des acides aminés libres au cours de la fermentation du moût de AIREN-41 B 1970 par diverses souches de levures de « fleur »

ACIDES AMINES	AVANT FERMENTATION		APRES FERMENTATION					
			S. cheresiensis			**S. montuliensis**		
	µmoles par l	mg par l	µmoles par l	mg par l	Variations (p. 100)	µmoles par l	par l mg	tions Varia- (p. 100)
Acide aspartique	490	65	31	4	—95	135	18	—72
Thréonine	264	31	22	3	—94	54	6	—80
Sérine	330	35	41	4	—87	68	7	—80
Acide glutamique	990	163	70	12	—93	117	19	—88
Proline	8700	1000	11523	1325	+34	7450	855	—13
Gycocolle	470	35	132	10	—71	141	11	—68
Alanine	0	0	125	11	(+)	202	18	(+)
Valine	322	38	—	—	—	67	8	—79
Cystine	28	—	85	10	—	95	11	—
Méthionine	—	4	traces	traces	(—)	traces	traces	(—)
Isoleucine	78	10	15	2	—81	35	4	—60
Leucine	194	26	65	9	—66	107	14	—45
Tyrosine	105	19	16	3	—85	39	7	—63
Phénylalanine	120	20	34	6	—71	44	7	—63
Lysine	44	6	34	5	—23	286	42	+85
Histidine	280	44	15	2	—95	55	9	—80
Arginine	2130	371	18	3	—99	traces	traces	(—)
Acide γ-aminobutyrique	555	57	87	9	—84	27	3	—95
Tryptophane	910	186	—	—	—	traces	traces	(—)

Traces = moins de 20 µmoles par litre et de 2 mg par litre.

Les résultats obtenus lors de l'analyse d'acides aminés libres après fermentation du moût Airén 41 B 1970 avec **S. cheresiensis** et **S. montuliensis** figurent dans le tableau V. Les acides aminés qui restent en plus forte concentration sont la proline, la glycocolle et l'alanine ; ce dernier est formé pendant la fermentation puisqu'il ne se trouve pas initialement sous forme libre dans le moût. Pendant la fermentation la consommation d'acides aminés est remarquable : il disparaît 80 p. 100 de la teneur initiale.

TABLEAU VI

Evolution des acides aminés libres au cours de la fermentation du moût de AIRÉN-41 B 1971 par diverses souches de levures de « fleur »

ACIDES AMINES	AVANT FERMENTATION		APRES FERMENTATION											
			S. cheresiensis			S. beticus			S. montuliensis			S. rouxii		
	µmoles par l	mg par l	µmoles par l	mg par l	Variations (p. 100)	µmoles par l	mg par l	Variations (p. 100)	µmoles par l	mg par l	Variations (p. 100)	µmoles par l	mg par l	Variations (p. 100)
Acide aspartique	214	29	9	1	—96	13	2	—94	46	6	—78	21	3	—90
Thréonine	161	19	14	2	—91	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sérine	232	24	17	2	—93	—	—	—	—	—	—	29	3	—87
Hydroxyproline	765	126	35	6	—95	55	9	—93	35	6	—95	78	13	—89
Proline	1910	220	1330	153	—30	1230	141	—40	985	113	—49	1460	168	—23
Glycocolle	240	18	39	3	—83	64	5	—73	46	3	—81	64	5	—73
Alanine	0	0	87	8	(+)	121	11	(+)	108	10	(+)	232	21	(+)
Valine	100	12	9	1	—91	traces	traces	(—)	traces	traces	(—)	27	3	
Cystine	traces	traces	32	4	(+)	29	3	(+)	37	4	(+)	45	6	
Méthionine	»	»	traces	traces	—	traces	traces	—	traces	traces	—	traces	traces	—
Isoleucine	37	5	»	»	(—)	7	1	—81	»	»	(—)	8	1	—78
Leucine	50	7	20	3	—60	26	3	—48	14	2	—72	29	4	—42
Tyrosine	25	5	traces	traces	(—)	9	2	—64	5	1	—80	12	2	—52
Phénylalanine	107	18	»	»	(—)	21	3	—80	11	2	—89	27	4	—75
Lysine	traces	traces	»	»	(—)	18	3	(+)	17	2	(+)	49	7	(+)
Histidine	»	»	»	»	—	5	1	—	6	1	—	9	1	—
Arginine	504	88	»	»	—	14	2	—97	12	2	—98	29	5	—94
Acide γ-aminobutyrique	386	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Tryptophane	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Acide glutamique	—	—	157	21	—	62	8	—	90	12	—	78	10	—

Traces = moins de 20 µmoles par litre et de 2 mg par litre.

TABLEAU VII

Evolution des acides aminés libres au cours de la fermentation du moût de TEMPRANILLO par diverses souches de levures de « fleur »

ACIDES AMINES	AVANT FERMENTATION		APRES FERMENTATION								
			S. cheresiensis			S. beticus			S. montuliensis		
	µmoles par l	mg par l	µmoles par l	mg par l	Variations (p. 100)	µmoles par l	mg par l	Variations (p. 100)	µmoles par l	mg par l	Variations (p. 100)
Thréonine	243	32	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Acide aspartique	400	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sérine	460	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Acide glutamique	803	132	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Proline	7750	890	9250	1060	+18	8690	999	+12	8900	1020	+14
Glycocolle	61	5	170	13	+178	190	14	+210	327	25	+446
Alanine	557	50	180	16	—67	384	34	—31	635	57	+14
Valine	235	28	27	3	—89	traces	traces	(—)	50	6	—79
Cystine	traces	traces	61	7	(+)	»	»	—	97	12	(+)
Méthionine	»	»	traces	traces		»	»	—	traces	traces	—
Isoleucine	126	17	24	3	—82	20	3	—84	27	4	—78
Leucine	177	23	82	11	—54	76	10	—57	97	13	—45
Tyrosine	55	10	24	4	—56	23	4	—58	32	6	—42
Phénylalanine	63	10	38	6	—39	35	6	—44	44	7	—30
Lysine	traces	traces	72	11	(+)	87	13	(+)	100	15	(+)
Histidine	210	33	18	3	—91	33	5	—84	88	14	—58
Arginine	750	130	36	6	—95	31	5	—96	33	6	—96
Acide γ-aminobutyrique	1300	134	traces	traces	(+)	400	41	—69	535	55	—59
Tryptophane	1460	298	50	5	—98	58	6	—96	39	4	—97

Traces = moins de 20 µmoles par litre et de 2 mg par litre.

Les dosages d'acides aminés libres après fermentation du moût de Airén 41 B 1971 par **S. cheresiensis, S. beticus, S. montuliensis** et **S. rouxii** figurent dans le tableau VI. Dans les quatre cas, la teneur en acides aminés libres est très basse, comme il fallait s'y attendre, en raison des faibles concentrations du moût en acides aminés.

La plupart des acides aminés sont présents à des concentrations inférieures à 20 micromoles par litre ; la proline, l'alanine et l'hydroxyproline sont ceux présents aux concentrations les plus élevées. Comme pour la vendange antérieure l'alanine présente est formée pendant la fermentation, étant donné que le moût ne contenant pas cet acide aminé sous forme libre.

TABLEAU VIII

Evolution des acides aminés libres au cours de la fermentation du moût de BOBAL par S. CHERESIENSIS

ACIDES AMINES	AVANT FERMENTATION		APRES FERMENTATION		
	µmoles par l	mg par l	µmoles par l	mg par l	Variations (p. 100)
Acide aspartique	64	9	96	13	+44
Thréonine	476	57	38	5	—91
Sérine	547	58	97	10	—82
Acide glutamique	—	—	157	26	—
Proline	—	—	10000	1150	—
Glycocolle	144	11	185	14	+27
Alanine	547	49	488	44	—10
Valine	258	30	50	6	—80
Cystine	traces	traces	96	12	(—)
Méthionine	»	»	traces	traces	—
Isoleucine	100	13	14	2	—84
Leucine	151	20	99	13	—35
Tyrosine	27	5	30	5	(=)
Phénylalanine	53	9	38	6	—33
Lysine	43	6	80	12	+100
Histidine	140	22	53	8	—64
Arginine	1540	268	1262	220	—18
Acide γ-aminobutyrique	1220	125	1580	164	+31
Tryptophane	1540	314	120	25	—92
Hydroxyproline	—	—	182	25	—

Traces = moins de 20 µmoles par litre et de 2 mg par litre.

Les teneurs en acides aminés libres après fermentation du moût de Tempranillo par **S. cheresiensis, S. beticus** et **S. montuliensis** sont rassem-

blées dans le tableau VII. Pendant la fermentation, le tryptophane — un des acides aminés les plus abondants de ce moût — est presque totalement consommé. La proline, le glycocolle et l'alanine sont les plus abondants. Au cours de la fermentation la teneur en glycocolle augmente fortement.

Après la fermentation du moût de Bobal par **S. cheresiensis** (tableau VIII) les teneurs en acides aminés libres sont relativement élevées, surtout celles en proline, en arginine et en acide γ-aminobutyrique. La thréonine, la sérine, la valine et le trytophane sont les plus consommés.

TABLEAU IX

Evolution des acides aminés libres au cours de la fermentation du moût de 3 COUDERC par S. CHERESIENSIS

ACIDES AMINES	AVANT FERMENTATION		APRES FERMENTATION		
	µmoles par l	mg par l	µmoles par l	mg par l	Variations (p. 100)
Acide aspartique	245	33	279	37	+14
Thréonine	340	41	102	12	—70
Sérine	550	58	120	13	—78
Acide glutamique	1250	206	185	31	—81
Proline	7050	810	12800	1470	+45
Glycocolle	224	17	445	33	+99
Alanine	1850	165	870	77	—53
Valine	365	43	84	10	—79
Cystine	—	—	87	10	(+)
Méthionine	—	—	—	—	—
Isoleucine	132	17	43	6	—67
Leucine	279	37	127	17	—54
Tyrosine	134	24	56	10	—58
Phénylalanine	126	21	49	8	—60
Lysine	traces	traces	134	20	(+)
Histidine	322	50	144	22	—55
Arginine	765	133	1200	209	+57
Acide γ-aminobutyrique	380	142	3060	316	+19
Tryptophane	forte	teneur	91	19	(—)
Hydroxyproline	3340	447	—	—	—

Traces = moins de 20 µmoles par litre et de 2 mg par litre.

Après fermentation du moût de 3 Couderc par **S. cheresiensis** (tableau IX), les teneurs en proline, en glycocolle, en lysine, en arginine et en acide γ-aminobutyrique sont plus importantes que dans le moût ; par contre, on

note une grande consommation d'acide glutamique, de thréonine, de sérine, de valine et de tryptophane. La proline, l'arginine et l'acide γ-aminobutyrique sont plus importantes que dans le moût ; par contre, on note une grande consommation d'acide glutamique, de thréonine, de sérine, de valine et de tryptophane. La proline, l'argine et l'acide γ-aminobutyrique sont les acides aminés dont les teneurs restantes sont les plus élevées.

TABLEAU X

Evolution des acides aminés libres du moût de 1.109 GRIMALDI au cours de la fermentation par S. CHERESIENSIS

ACIDES AMINES	AVANT FERMENTATION		APRES FERMENTATION		
	µmoles par l	mg par l	µmoles par l	mg par l	Variations (p. 100)
Acide aspartique	254	34	—	—	—
Thréonine	342	41	—	—	—
Sérine	580	61	—	—	—
Acide glutamique	1620	267	225	37	—86
Proline	6500	747	9300	1070	+43
Glycocolle	77	6	162	12	+100
Alanine	1370	122	308	27	—77
Valine	274	32	35	4	—87
Cystine	traces	traces	40	5	(+)
Méthionine	»	»	8	1	(=)
Isoleucine	124	16	24	3	—83
Leucine	212	28	72	9	—66
Tyrosine	77	14	40	7	—50
Phénylalanine	129	21	40	7	—69
Lysine	0	0	100	15	(+)
Histidine	0	0	58	9	(+)
Arginine	254	44	53	9	—79
Acide γ-aminobutyrique	2180	225	550	57	—74
Hydroxyproline	2680	352	1760	232	—34

Traces = moins de 20 µmoles par litre et de 2 mg par litre.

Après fermentation du moût de 1109 Grimaldi par **S. cheresiensis,** la proline, l'hydroxyproline et l'acide γ-aminobutyrique sont les plus abondants. Parmi les acides aminés absents, sous forme libre, avant fermentation, apparaissent la lysine et l'histidine, de même qu'une petite quantité de cystine. Les acides aminés les plus consommés sont l'acide glutamique, l'isoleucine et la valine (tableau X).

Après fermentation du moût de 9090 Castel par **S. cheresiensis** (tableau XI), la proline, l'alanine, l'arginine, l'acide γ-aminobutyrique et le tryptophane sont les plus abandants. Les acides aminés les plus utilisés par ces levures sont l'alanine et l'arginine.

TABLEAU XI

Evolution des acides aminés libres du moût de 9.090 CASTEL au cours de la fermentation par S. CHERESIENSIS

ACIDES AMINES	AVANT FERMENTATION		APRES FERMENTATION		
	µmoles par l	mg par l	µmoles par l	mg par l	Variations (p. 100)
Acide aspartique	508	68	700	94	+38
Thréonine	—	—	—	—	—
Sérine	715	75	—	—	—
Acide glutamique	1340	220	—	—	—
Proline	8800	944	9900	1140	+13
Glycocolle	—	—	180	14	—
Alanine	1400	125	1000	89	—28
Valine	124	15	832	98	+57
Cystine	traces	traces	534	64	(+)
Méthionine	»	»	—	—	—
Isoleucine	»	»	200	26	(+)
Leucine	350	46	475	62	+36
Tyrosine	96	17	300	55	+21
Phénylalanine	70	12	345	57	+40
Lysine	67	10	805	117	+109
Histidine	434	67	560	87	+30
Arginine	1320	230	1130	196	—15
Acide γ-aminobutyrique	1560	161	1690	194	+8
Tryptophane	56	11	792	161	+130
Hydroxyproline	2730	358	—	—	—

Traces = moins de 20 µmoles par litre et de 2 mg par litre.

La composition en acides aminés de **S. cherensiensis** développée sur moûts de Pardillo, Malvar, Jaén 41 B, Airén 41 B 1970, Tempranillo, Bobal, 3 Couderc et 9090 Castel, se trouve dans le tableau XII.

Dans les cellules centrifugées après fermentation du moût de Pardillo et hydrolysées en milieu acide, ce sont les acides glutamique et aspartique ainsi que l'alanine qui se trouvent en plus grandes quantités.

TABLEAU XII

Teneurs en acides aminés, après hydrolyse, des cellules de S.CHERESIENSIS développées sur divers moûts.
Les teneurs en acides aminés sont exprimées en µmoles ou en mg pour 100 mg de poids sec de levures.

Acides aminés	Pardillo		Malvar		Jaén		Airén 1970		Tempranillo		Bobal		3 Couderc		Castel 9090	
	µmoles	mg	µmoles	mg	µmoles	mg	µmoles	mg	µmoles	mg	µmoles	mg	µmoles	mg	µmoles	mg
Acide aspartique	60	8,0	79	10,4	38	5,0	54	7,3	118	15,5	10	1,3	26	3,5	29	3,9
Thréonine	31	3,7	27	3,2	13	1,4	20	2,4	39	4,6	3	0,4	9	1,1	13	1,5
Sérine	23	2,4	25	2,6	19	2,1	19	2,0	36	3,8	4	0,4	14	1,5	18	1,9
Acide glutamique	37	6,1	46	7,6	25	3,9	34	5,4	77	12,7	9	1,5	24	4,0	29	4,8
Proline	27	3,1	—	—	T	T	—	—	T	T	T	T	T	T	T	T
Glycocolle	30	2,2	36	2,7	21	1,4	28	2,1	69	5,2	6	0,5	14	1,0	19	1,4
Alanine	32	2,8	37	3,4	21	2,1	26	2,4	65	5,8	9	0,5	19	1,7	22	2,0
Valine	29	3,4	32	3,8	16	2,1	23	2,7	44	5,2	5	0,6	15	1,8	14	1,6
Cystine	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T	T	T	T	T	T
Méthionine	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	»	»	»	»	»	»
Isoleucine	20	2,6	25	3,3	13	1.8	17	2,2	35	4,6	9	1,2	11	1,4	12	1,6
Leucine	27	3,5	39	5,1	19	2,5	28	3,6	65	8,5	5	6,5	14	1,8	19	2,5
Tyrosine	10	1,8	13	2,4	—	—	T	T	23	4,2	T	T	6	1,1	7	1,3
Phénylalanine	12	2,0	18	3,0	—	—	13	2,1	28	4,6	3	0,5	8	1,3	9	1,5
Lysine	33	4,8	—	—	—	—	30	4,5	69	1,0	10	1,4	19	2,8	18	2,6
Histidine	T	T	—	—	—	—	T	T	T	T	T	T	T	T	5	0,8
Arginine	13	2,3	—	—	—	—	11	2,0	29	5,0	2	0,4	8	1,4	9	1,6

Traces = moins de 20 µmoles par litre et de 2 mg par litre.

On obtient 0,95 g par litre de poids sec de ces levures ; leur teneur en azote total représente 3,1 p. 100 de ce poids sec.

Après hydrolyse acide, les cellules développées sur moût de Malvar et sur moût de Pardillo sont très riches en acide aspartique ; viennent ensuite par ordre de concentrations décroissantes l'acide glutamique et la leucine. Le poids sec des cellules obtenues est de 1,65 g par litre de milieu fermenté ; la teneur en azote total représente 12,3 p. 100 du poids sec.

Dans les levures qui ont poussé sur le moût de Jaén 41 B, l'acide aspartique, l'acide glutamique, le glycocolle et l'alanine sont les acides aminés les plus importants,

Le poids sec de levures est de 1,4 g par litre et 11 p. 100 de ce poids sec représente la teneur en azote total.

Les cellules obtenues après fermentation du moût de Airén 41 B 1970 contiennent 7,3 mg par litre d'acide aspartique, 5,4 d'acide glutamique, 4,5 de lysine, 2,1 de glycocolle et 3,6 de leucine. On obtient 1,65 mg par litre de poids sec dont 7,6 p. 100 d'azote total.

Dans les cellules développées sur moût de Tempranillo, l'acide aspartique est aussi le plus abondant (15,5 mg par litre) suivi par l'acide glutamique, le glycocolle et la lysine.

Ce sont les cellules développées sur moût de Bobal qui contiennent le moins d'acides aminés, mais ce sont aussi celles qui se sont multipliées le plus fortement. Le poids sec obtenu est 5,09 g par litre dont 1,2 p. 100 d'azote total. L'acide aspartique, la lysine, l'acide glutamique et l'alanine sont les acides aminés les plus abondants de ces levures.

Au cours du développement sur moût de 3 Couderc les acides aminés les plus concentrés sont aussi l'acide aspartique, l'acide glutamique, l'alanine et la lysine. Le poids sec est de 3,04 g par litre dont 6,8 p. 100 d'azote total.

Les cellules issues de la fermentation du moût de 9090 Castel contiennent, pour 100 mg de poids sec, 4,8 mg d'acide aspartique, 3,9 mg d'acide glutamique, 2,5 mg de leucine et 2 mg d'alanine.

La composition en acides aminés des levures de la souche **S. beticus** développées sur moûts de Pardillo et de Airén 41 B 1971 est rapportée dans le tableau XIII.

Le poids sec des cellules de cette souche après développement sur moût de Pardillo est de 18,7 g par litre et 5,6 p. 100 d'azote total. L'acide glutamique est le plus abondant, suivi par l'acide aspartique, la valine, le glycocolle et la leucine.

TABLEAU XIII

Teneur en acides aminés, après hydrolyse, des cellules de S. BETICUS développées sur divers moûts.

Les teneurs en acides aminés sont exprimées en µmoles ou en mg pour 100 mg de poids sec.

ACIDES AMINES	Pardillo		Airén 1971	
	µmoles	mg	µmoles	mg
Acide aspartique	34	4,5	22	2,8
Thréonine	23	2,7	12	1,5
Sérine	21	2,2	12	1,3
Acide glutamique	38	6,3	34	5,7
Proline	11	1,3	traces	traces
Glycocolle	28	2,1	21	1,5
Alanine	21	1,9	25	2,3
Valine	29	3,4	28	3,2
Cystine	0	0	traces	traces
Méthionine	0	0	»	»
Isoleucine	18	2,4	15	1,9
Leucine	25	3,3	15	2,1
Tyrosine	8	1,5	traces	traces
Phénylalanine	12	2,0	»	»
Lysine	9	1,3	11	1,7
Histidine	traces	traces	traces	traces
Arginine	»	»	»	»

Traces = moins de 20 µmoles par litre et de 2 mg par litre.

Après développement de ces mêmes levures sur moût de Airén 41 B 1971, l'acide glutamique est encore le plus abondant. Par contre, elle présentent de plus fortes teneurs en valine et en alanine qu'en acide aspartique.

Dans le tableau XIV on trouve les résultats obtenus lors du dosage des acides aminés après hydrolyse acide des cellules de **S. montuliensis** développées sur moût de Pardillo, Airén 41 B 1970, Airén 41 B 1971 et Jaén 41 B.

Dans les levures développées sur moût de Pardillo on trouve, pour 100 mg de poids sec, 5,7 mg d'acide aspartique, 7,1 mg d'acide glutamique et 5,0 mg de valine. Le poids sec de cellules obtenu est très faible : 0,61 g par litre dont 5,6 p. 100 d'azote total.

A partir des cellules développées sur moût de Airén 1970 on obtient 1,6 g par litre de poids sec dont 9,81 p. 100 d'azote total. L'acide aspartique, la leucine, l'acide glutamique et la lysine sont les plus abondants.

TABLEAU XIV

Teneur en acides aminés, après hydrolyse, des cellules de S. MONTULIENSIS développées sur divers moûts.

ACIDES AMINES	PARDILLO		AIREN 41 B 1970		AIREN 41 B 1971		JAEN	
	µmoles par l	mg par l	µmoles par l	mg par l	µmoles par l	mg par l	µmoles par l	mg par l
Acide aspartique	43	5,7	53	7,0	27	3,7	33	4,3
Thréonine	21	2,5	16	1,8	16	2,0	—	—
Sérine	22	2,3	14	1,4	20	2,0	—	—
Acide glutamique	43	7,1	37	6,2	35	5,7	29	4,6
Proline	14	1,6	traces	traces	traces	traces	traces	traces
Glycocolle	33	2,5	26	1,9	24	1,8	25	1,8
Alanine	37	3,3	21	1,9	28	2,5	20	1,8
Valine	43	5,0	25	3,0	28	3,3	24	2,9
Cystine	0	0	0	0	traces	traces	0	0
Méthionine	0	0	0	0	»	»	0	0
Isoleucine	28	3,7	18	2,4	15	2,0	16	2,1
Leucine	30	3,9	40	5,3	13	1,6	23	2,9
Tyrosine	9	1,6	10	1,8	9	1,6	11	2,1
Phénylalanine	14	2,3	13	2,2	10	1,6	8	1,1
Lysine	32	4,7	34	4,9	21	3,2	31	4,6
Histidine	6	0,9	7	1,0	6	0,8	traces	traces
Arginine	14	2,4	11	1,9	11	1,8	10	1,8

Traces = moins de 20 µmoles par litre et de 2 mg par litre.

Après développement de ces cellules sur moût de Airén 1971 et hydrolyse, l'acide glutamique, l'acide aspartique, l'alanine et la valine sont les plus concentrés. On n'obtient que 0,60 g par litre de poids sec de cellules dont 10,4 p. 100 d'azote total.

A partir des cellules ayant poussé sur moût de Jaén 41 B on obtient 1,40 g par litre de poids sec dont 11 p. 100 d'azote total. L'acide aspartique, la lysine et l'acide glutamique sont les plus abondants.

La composition en acides aminés des levures **S. rouxii** développées sur moûts de Pardillo et Malvar se trouve dans le tableau XV.

Dans les cellules qui ont crû sur moût de Pardillo, les acides aminés les plus concentrés sont l'acide aspartique. l'acide glutamique et le glycocolle. Le poids sec de ces cellules est de 0,96 g par litre, dont 4,9 p. 100 d'azote total.

TABLEAU XV

Teneur en acides aminés, après hydrolyse, des cellules de de S. ROUXII développées sur divers moûts.

ACIDES AMINES	Pardillo		Malvar	
	µmoles	mg	µmoles	mg
Acide aspartique	35	7,0	85	11,0
Thréonine	27	4,8	—	—
Sérine	25	4,0	—	—
Acide glutamique	32	8,0	79	13,0
Proline	27	3,1	49	5,6
Glycocolle	32	3,6	57	4,3
Alanine	29	4,0	67	6,0
Valine	24	4,2	56	6,5
Cystine	0	0	0	0
Méthionine	0	0	0	0
Isoleucine	18	3,5	26	3,8
Leucine	15	3,0	32	3,1
Tyrosine	9	2,5	19	3,8
Phénylalanine	12	3,1	18	2,9
Lysine	19	5,3	64	9,4
Histidine	9	2,2	11	1,7
Arginine	9	2,4	33	5,7

Traces = moins de 20 µmoles par litre et de 2 mg par litre.

Lorsque ces cellules se sont développées sur moût de Malvar on obtient un poids sec plus élevé (1,14 g par litre) avec une teneur en azote total (16 p. 100) également plus élevée et une plus forte teneur en acides aminés. Les acides aminés les plus abondants sont l'acide aspartique, l'acide glutamique et la lysine.

CONCLUSIONS

Dans tous les moûts fermentés par **S. cheresiensis** V 24 la proline est l'acide aminé dont la teneur est la plus élevée. Elle est suivie par l'alanine et le glycocolle dans les fermentations de raisins blancs et rouges. Pour les cépages hybrides, l'arginine et l'acide γ-aminobutyrique sont les acides aminés dont les concentrations sont les plus élevées après la proline. Les acides aminés les plus consommés sont la thréonine, l'acide glutamique et l'arginine, exception faite, pour ce dernier, du moût de Garnacha dans lequel cet acide aminé apparaît pendant la fermentation.

Dans les moûts fermentés par **S. beticus** 1652, la proline est également l'acide aminé résiduel le plus abondant suivi par le glycocolle et l'alanine. Les acides aminés les plus assimilés par cette levure sont l'acide aspartique, l'acide glutamique, l'arginine et le tryptophane.

Quand les moûts fermentent avec **S. montuliensis** 1690, la proline, le glycocolle et l'alanine restent en plus grandes quantités. L'acide glutamique, l'arginine et la sérine sont les plus consommés par cette souche.

La proline est aussi l'acide aminé le plus abondant dans les moûts fermentés en présence de **S. rouxii** 660, de même que l'alanine et l'hydroxyproline. Les acides aminés que cette souche consomme le plus dans les conditions de notre expérimentation sont l'acide aspartique, la sérine et l'arginine.

L'analyse des cellules de levures obtenues après fermentation des différents moûts permet de faire les observations suivantes :

Les acides aminés les plus concentrés sont l'acide aspartique, l'acide glutamique, le glycocolle et l'alanine.

La cystine et la méthionine et, dans la majorité des hydrolysats, la proline et l'histidine, n'apparaissent que sous forme de traces.

Les hydrolysats acides des cellules des quatre souches étudiées, développées sur moût de Pardillo et ainsi que l'hydrolysat des cellules de **S. rouxii** développées sur moût de Malvar, présentent une teneur élevée en proline, acide aminé qui n'apparaît que sous forme de traces dans les autres hydrolysats.

Le poids sec des cellules obtenu est compris entre 5,09 et 0,53 g par litre de vin.

La teneur en azote total est comprise entre 16 et 1,2 mg pour 100 mg de poids sec.

On constate un plus grand développement cellulaire lorsque les teneurs en acides aminés libres et en azote total du moût sont plus élevées.

Manuscrit reçu le 31 octobre 1974.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AVAKYANTZ S.P. et GOULAYEVA V.S.., 1968. Modification des substances azotées pendant la champagnisation continue. **Izv. Vysch. Outch. Pichth. Technol., 3,** 59.

BERGNER K.G., 1968. Les aminoacides dans les vins mousseux et leurs variations en fonction des procédés de fabrication. **Bull. de l'O.I.V., 41,** (446), 460.

BIDAN P., 1969. Procédés d'élaboration technologique et caractéristiques des vins mousseux. **Bull. de l'O.I.V., 42,** (455), 34.

CARBALLO J., 1965. Contribuciôn al estudio de aminoâcidos en vinos espumosos espanoles. **Coloquio sobre Viticultura y Enoligîa.** Instituto San Isidro. Barcelona.

CARBALLO J., 1968. Contribuciôn al estudio de aminoâcides en vinos espumosos espanoles. **La Semana Vitivinîcola, 1131,** 1177.

GLONINA N.N. et DUBINCHUK L.V., 1967. Transformation de quelques acides aminés pendant la production du Xérès. **Vinod. Vinogr.** 27 (2), 24.

LAFON-LAFOURCADE S. et PEYNAUD E., 1961. Composition azotée des vins en fonction des conditions de vinification. **Ann. Techn. Agric.** 10 (2), 143.

MARGHETI G., 1971. Aminoacidi liberi nei mosto, nei vino e negli spumanti. la nota sugli spumanti. **Simposio International Technicon,** Automazione per la Medicina e per l'Industria. Roma-Eur. 15-18 avril.

MARGHERI G., 1972. Sur la composition chimique des vins mousseux. **III[e] Simposium International d'Œnologie.** Ciudad del Cabo. Union Sud-africaine. Mars.

NANITASCHVILI T.S., DJAOSCHVILI, R.I., SAMADASCHVILI Tz.V. et DCHILAKADZE Tz. A., 1971. Complexes des aminoacides dans les vins de table. **Vinod. Vinogr., 31,** (282), 17. **Bull. de l'O.I.V.,** 1971, **44,** (485), 745.

PEYNAUD E. et LAFON-LAFOURCADE S., 1962. Sur la nutrition azotée des levures de vin. **Rev. Ferm. Industr. Alim., 17,** (1), 11.

POLO M.C. et LLAGUNO C., 1974. Evolution des acides aminés libres dans le moût de raisin sous l'action des levures de fleur. I — Etude qualitative et quantitative des acides aminés libres des moûts de raisin. **Conn. Vigne Vin, 8,** 1, 81.

RODOPOULO A.K. et PISSARNITSKY A.F., 1968. Titrage des acides aminés dans des vins mousseux dans l'autoanalyseur d'acides aminés. **Vinod. Vinogr., 1,** 5.

SAENKO N.F. et SAKHAROVA T.A., 1963. Intensité de la respiration des levures du Xérès sur différents substrats. **Vinod. Vinogr., 23,** 2, 4. **Ind. Agric. Alim.** 1963, **7,** 818. 1066..

TERCELJ D., 1966. La diminution des composés azotés dans le vin par différents collages. **Ann. Tech. Agric., 15,** 1, 73.