Connaissance Vigne Vin, 1983, **17**, N° 2, 93-103.

LEVURES SÈCHES ACTIVES DE VINIFICATION
1re Partie : FABRICATION ET CARACTÉRISTIQUES

J.K. KRAUS *, G. REED * et J.C. VILLETTAZ **

* Universal Foods Corporation, Milwaukee, Wisconsin, 53201 (U.S.A.)
** Société Suisse de Ferments, 4056 Bâle (Suisse)

INTRODUCTION

La pratique du levurage dans l'élaboration des vins se trouve dans un stade transitoire. En Amérique du Nord, en Nouvelle-Zélande, en Australie et en Afrique du Sud, l'utilisation des cultures pures de levures fait partie des techniques œnologiques courantes. Par contre, le levurage commence seulement à se développer dans les pays vinicoles d'Europe et est peu répandu dans d'autres zones vinicoles, c'est le cas en particulier, de l'Amérique du Sud.

En technologie alimentaire (fromage, yaourt, pain, vin, bière), aucune fermentation n'est effectuée par une culture pure au sens strict du terme comme c'est le cas pour les fermentations industrielles (production d'antibiotiques ou d'enzymes). Ces dernières exigent un milieu et des tanks stériles, donc elles nécessitent, d'une part, des investissements importants en équipement de fermentation et, d'autre part, des moyens de contrôle microbiologique sophistiqués.

Par opposition aux fermentations industrielles, la fermentation des moûts de raisin avec des cultures pures signifie seulement l'addition d'un nombre suffisant de cellules de la culture pure désirée dans le but d'assurer sa dominance. Pour limiter la croissance de la microflore naturelle il est possible de jouer sur la dose d'anhydride sulfureux.

L'influence de l'utilisation de cultures pures sur la qualité du vin, ainsi que les avantages et les inconvénients en comparaison avec les fermentations « naturelles » ou spontanées, ont été largement discutés dans la littérature. Il est certain que l'utilisation de cultures pures de levures permet un départ rapide et un déroulement régulier de la fermentation. Elle permet ainsi d'obtenir un épuisement plus complet des sucres fermentescibles.

L'effet d'une culture pure sur l'arôme et les qualités gustatives du vin est toujours sujet à discussion. En effet, on ne sait toujours pas si les levures telles que *Kloeckera apiculata, Torulopsis bacillaris, Saccharomy-*

ces rosei ou autres ont une influence positive sur les caractères du vin et si, de ce fait, elles sont indispensables pour l'élaboration des vins de très haute qualité.

Les cultures pures de levures de vinification sont des souches sélectionnées d'authentiques levures vinaires de la famille des *Saccharomyces* appartenant généralement aux espèces *cerevisiae, uvarum* ou *bayanus.* Les souches de levures sont soit isolées d'un moût en fermentation ou proviennent de collections, connues, où elles sont conservées sur aggar ou sous forme lyophilisée. La propagation de ces levures dans les caves a été décrite par DE SOTO (1955) et par KNAPPSTEIN et RANKINE (1970). Si, dans certains cas, le milieu de culture est agité avec de l'air stérile (AMERINE et *al.,* 1972), la propagation en cave se fait généralement en anaérobiose.

Les premières levures sélectionnées pour la vinification ont été offertes, en France, au début du siècle par l'Institut La Claire ; elles étaient commercialisées sous la forme de suspensions liquides. Il a été montré que ces suspensions de levures sont généralement très performantes (THOUKIS et BOUTHILET, 1963), mais elles sont malheureusement périssables. Elles doivent être conservées et distribuées à basse température.

C'est durant les années 50 que s'est fait sentir le besoin de disposer de cultures pures de levures pour ensemencer les moûts de raisin. Les premiers travaux en la matière furent effectués indépendamment par CASTOR (1952) en Californie, par ULBRICH et SALLER (1951) en Allemagne et par ADAMS (1953-1954 A et B) au Canada.

Il a été établi que les levures produites en aérobiose sont parfaitement utilisables pour la fermentation des moûts de raisin. Au début des années 60, des levures de vinification ont été commercialisées au Etats-Unis ; elles avaient l'aspect d'un gâteau compressé, humide. Sous cette forme elles étaient d'une conservation difficile. Pour résoudre le problème de la conservation les fabricants ont cherché un procédé de séchage adéquat et, dès 1964, étaient mises sur le marché des levures sèches. Ces levures sont dénommées levures sèches actives de vinification et sont parfois désignées sous le sigle LSAV. Par souci de simplification nous les appellerons levures sèches.

Dans ce travail, nous décrivons les techniques de fabrication et de conditionnement des levures sèches. Les modalités d'emploi sont également examinées.

FABRICATION DES LEVURES SECHES

I. — OBTENTION DES LEVURES COMPRESSEES HUMIDES

La fabrication à l'échelle industrielle des levures destinées à l'élaboration des vins se déroule de la même façon que celle des levures de

boulangerie (REED, 1982). Elle débute avec une culture pure sur aggar de la souche souhaitée ; celle-ci est ensuite multipliée pendant trois ou quatre stades de fermentation. Ceci implique une stérilité des tanks, du milieu et de l'air que l'on utilise pour l'agitation et comme source d'oxygène. Le milieu de culture contenant les levures est ensuite transféré dans des fermenteurs de 15 à 200 litres afin de produire une quantité suffisante de cellules. Les derniers stades de la fabrication mettent en œuvre des fermenteurs d'une capacité pouvant atteindre 150.000 litres, dans lesquels le milieu de culture est introduit en continu dans le fermenteur (fed batch system) de façon à ce que les levures se multiplient sous des conditions limitantes en hydrates de carbone et en aérobiose. Dans ces conditions on peut obtenir une concentration en levures de 3 à 5 p. 100 exprimée en matière sèche totale. Ces valeurs correspondent à un rendement de 40 à 50 p.100 du poids d'hydrates de carbone ajoutés.

Différents milieux à base de sucre peuvent être utilisés. La source la plus commune étant la mélasse de betteraves ou de cannes. Le milieu de culture doit être enrichi en ammonium (source d'azote), en phosphate et en sels minéraux (calcium, magnésium et potassium). L'addition d'oligo-éléments est généralement indispensable (Biotine, Fer, Bore, Cuivre, Manganèse, Molybdène, Zinc).

Les levures sont séparées du milieu de culture liquide par centrifugation ; elles sont ensuite filtrées sous vide ou sur plaques. Cette dernière opération livre un gâteau humide, friable, composé de levures compressées ayant une teneur en eau de 70 p. 100.

II. — SECHAGE DES LEVURES

Les levures compressées, très riches en eau, sont ensuite séchées. Avant le séchage, le gâteau de levures est passé à travers un extrudeur ; on obtient ainsi un produit filiforme de 2 à 4 mm de diamètre. Ces fils sont ensuite séchés selon différents procédés.

1°) **Procédé continu**

Les fils de levures sont disposés sur un tapis roulant métallique perforé ; ils sont séchés en passant dans un tunnel composé de plusieurs chambres à air chaud. La température et l'humidité de l'air à l'entrée sont ajustées de manière à ce que le temps de séchage dure de 3 à 5 heures et que la température de la masse levurienne n'excède pas 40 °C. Une fois séchées, les levures ressemblent à des fils fissurés mesurant 1 à 2 mm d'épaisseur et 4 à 8 mm de longueur. Ils peuvent être moulus avant le conditionnement.

2°) **Procédés discontinus**

a) Les fils de levures compressés sont introduits, charge par charge, dans un séchoir à tambour rotatif perforé (rotolouvre). Les levures sont

ainsi séchées par un flot d'air entrant par les perforations du tambour. Les levures séchées ont l'aspect de minuscules particules lisses de forme arrondie (pellet), de 0,5 à 1,5 mm de diamètre. Cette forme est due à la chute continue des particules dans le tambour rotatif lors du processus de séchage.

b) Les levures compressées peuvent également se présenter sous la forme de très fins filaments ayant une longueur de 3 à 5 mm. Elles sont alors séchées dans un séchoir à lit fluidisé (air lift drier) ; le temps de séchage est de 30 minutes à une heure et demie. Le produit ainsi séché a l'apparence de petits filaments cylindriques dont les extrémités sont arrondies ; ils mesurent 0,5 à 1 mm de diamètre et 2 à 4 mm de longueur.

Les procédés de séchage par atomisation et par lyophilisation n'ont pas donné de meilleurs résultats. Le séchage des levures sous vide et en continu a été décrit par HARTMEYER (1976) ; quant aux procédés discontinus de séchage mentionnés précédemment, ils ont été décrits par REED (1982).

III. — CONDITIONNEMENT ET STABILITE

Les levures sont généralement séchées jusqu'à ce que la teneur en eau soit d'environ 8 p. 100. La diminution de la teneur en eau augmente la stabilité des levures sèches, mais entraîne lors de la réhydratation une diminution de l'activité. Le même raisonnement implique l'obtention d'une teneur adéquate en azote. Une teneur en azote d'environ 7 p. 100 permet d'obtenir un produit stable et actif.

La température de stockage ainsi que la présence ou l'absence d'oxygène influencent également la stabilité des levures sèches. La teneur en oxygène doit être inférieure à 2 p. 100 pour permettre d'assurer une bonne survie des levures pendant le stockage. Par conséquent, les levures sèches doivent être conditionnées sous vide ou sous atmosphère d'azote ou de gaz carbonique, dans des emballages fermés hermétiquement. Les levures sèches qui ont l'aspect de minuscules particules lisses, de forme compacte et arrondie (type « pellet ») font exception à cette règle. Comparées aux produits granulés (moulus) ou produits séchés par un courant d'air à contre courant, ces particules compactes ont une faible surface par rapport à leur poids. De ce fait, les levures du type « pellet », qui ont une durée de survie d'environ 3 mois à température ambiante, sont souvent expédiées dans des tonnelets de 11 à 18 kg.

CARACTERISTIQUES DES LEVURES SECHES

I. — SOUCHES DISPONIBLES

Toutes les souches de levures appartenant à l'espèce *S. cerevisiae* et *S. bayanus* que nous avons étudiée, peuvent théoriquement être produites et séchées en quantités industrielles, même si elles diffèrent en activité.

en nombre de cellules et en stabilité. Par contre, une souche de *Schizosaccharomyces pombe* n'a pas pu être séchée en utilisant des techniques conventionnelles.

TABLEAU I

Souches de levures sèches commercialisées

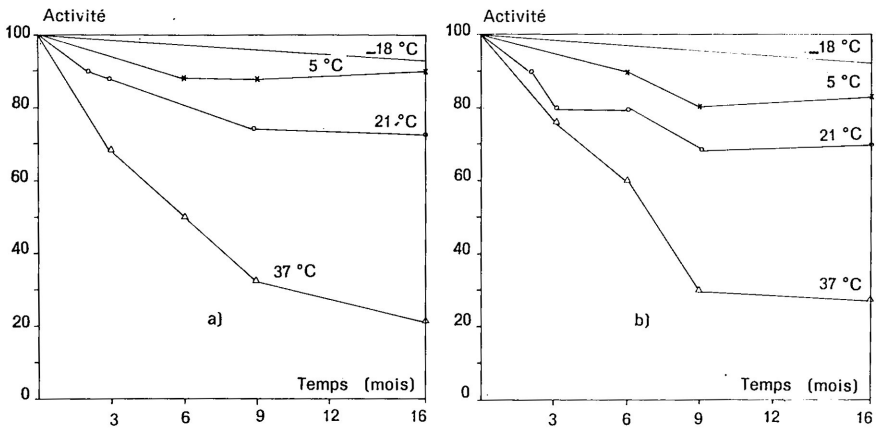
NOM COMMUN	ORIGINE
	Saccharomyces cerevisiae
Montrachet	N° 522, Université de Californie, Davis, CA 95616 (U.S.A.)
WE-14	Institut de Recherches de Viticulture et d'Œnologie, Stellenbosch (Afrique du Sud)
WE-372	Institut de Recherches de Viticulture et d'Œnologie, Stellenbosch (Afrique du Sud)
N° 228	Dansk Gärings Industri, Glostrup (Danemark)
Wädenswil 27	Station Fédérale de Recherches Agronomiques, Wädenswil (Suisse)
Killer	K-1, Institut National de la Recherche Agronomique et Institut Coopératif du Vin, Montpellier (France)
Sélection LW-128-91	Station de Recherches Agronomiques, Geisenheim (Allemagne Fédérale)
Sans nom	N° 70, Institut National de la Recherche Agronomique, Narbonne (France) N° 6978, Centraalburen voor Schimmelcultures, Baarn (Holland).
S 2	N° EG 8, Institut National de la Recherche Agronomique, Colmar (France)
	Saccharomyces bayanus
Souche Champagne	N° 505, Université de Californie, Davis, CA 95616 (U.S.A.)
Souche Champagne *	Institut Pasteur, Paris (France)
Souche Champagne	Institut National de la Recherche Agronomique, Narbonne (Francs) N° 7045, Centraalburen voor Schimmelcultures, Baarn (Holland)
Sélection SW-185-25	Station de Recherches Agronomiques, Geisenheim (Allemagne Fédérale)
SB 1	Institut National de la Recherche Agronomique, Montpellier (Francs)
Prise de mousse	Institut d'Œnologie, Epernay (France).
	Saccharomyces fermentati
Flor sherry	N° 519, Université de Californie, Davis, CA 95616 (U.S.A.)

* culture lyophilisée

Les principales souches disponibles actuellement sur le marché ainsi que leur origine, dans le cas où celle-ci a pu être identifiée, sont énumérées dans le tableau I.

II. — COMPOSITION

Les levures sèches contiennent approximativement 5 à 8 p. 100 d'azote. En multipliant par un facteur de 6,25 on obtient une teneur en protéines brutes d'environ 31 à 50 p. 100. Cependant, ce dernier chiffre n'est pas très réaliste car 10 — 15 p. 100 d'azote ne se trouve ni sous forme de protéines, ni sous forme d'acides aminés. La teneur en eau des levures sèches est d'environ 4 à 8 p. 100 ; celle en cendres varie de 5 à 8 p. 100 et celle en lipides (déterminée après hydrolyse d'acide) varie de 2 à 5 p. 100. Le reste, représentant entre 40 et 50 p. 100 de la masse cellulaire, se compose d'hydrates de carbone tels que le glucane et le mannane de la paroi cellulaire, le glycogène ainsi que le tréhalose contenu dans le protoplaste. On peut faire varier la teneur en ces composés de façon à obtenir une activité et une stabilité optimale pour la souche donnée.



L'activité est exprimée en pourcentage de l'activité initiale

Fig. 1. — Perte d'activité des levures sèches pendant le stockage

a) Souche « Montrachet » ;
b) Souche « Champagne ».

Les levures sèches peuvent être commercialisées sans additifs ou supports. Elles ne doivent pas contenir de germes pathogènes tels que des salmonelles ; le nombre de bactéries banales (principalement des souches productrices d'acide lactique) ne doit pas excéder 0,01 p. 100 du nombre de cellules revivifiables, ce qui représente moins de 1 x 10^6 cellules de bactéries par gramme de levures sèches.

Les levures sèches du type *S. cerevisiae* (souche Montrachet) conditionnées sous vide accusent une perte mensuelle approximative de l'activité fermentaire de 0,6 p. 100 à 5 °C et de 1,7 p. 100 à 21 °C. Après 16 mois de stockage à 37 °C la perte d'activité s'élève à environ 75 p. 100. Les données qui ont servi à calculer ces moyennes sont représentées graphiquement dans les figures 1a et 1b.

III. — ACTIVITE FERMENTAIRE

L'activité fermentaire exprime la quantité d'éthanol formée lors de la fermentation d'un moût. Elle est exprimée couramment par l'augmentation de la concentration en éthanol ou par la diminution de la quantité de sucres par heure ; souvent on indique également l'importance du levurage (1 ou 2 p. 100). Bien entendu, ces indications ne permettent pas d'établir une conclusion sur le pouvoir fermentaire d'une souche car ni le poids des levures ni le nombre de cellules est connu.

ISVV

TABLEAU II

Activité fermentaire des levures sèches

Méthode gazométrique
Les chiffres représentent des µmol de gaz carbonique par g le levures et par heure

Souche	SO_2 libre (mg/l)			
	0	50	100	125
Montrachet	11,2	10,8	10,2	—
	12,3	12,0	11,0	7,9
	11,0	—	9,2	—
Champagne	8,8	—	5,6	—
Sherry	8,6	—	3,1	—

Source : REED et CHEN, 1978.

La connaissance du poids des levures ou du nombre de cellules est indispensable si l'on veut cerner de plus près l'activité fermentaire : on peut alors l'exprimer en grammes d'éthanol produit ou en grammes de sucres fermentés par gramme de levures et par heure, ou en millimoles d'éthanol ou de gaz carbonique produites par heure et par gramme de levures. Le tableau II indique les valeurs obtenues avec trois souches de levures sèches en relation avec des concentrations variables en anhydride sulfureux. Ces valeurs correspondent plus ou moins à celles indi-

quées pour la pâte à pain, la bière blonde, la bière anglaise ou le vin (REED, 1974).

On peut également exprimer l'activité fermentaire en relation avec le nombre de levures : on détermine le nombre de molécules d'éthanol produites pour un nombre donné de levures. COOTES et *al.* (1979 A) ont indiqué de telles valeurs pour la fermentation alcoolique en continu d'un moût de raisin en utilisant la souche Montrachet N° 522. Ces auteurs ont noté une production de 5 — 25 x 10^7 molécules d'éthanol par seconde et par cellule de levure. Pour la même souche, le calcul effectué à partir des valeurs indiquées dans le tableau II donne 8 — 9 x 10^6 molécules d'éthanol par cellule de levure et par seconde.

Une méthode simple, pour déterminer l'activité fermentaire des levures sèches, a été décrite par REED et CHEN (1978). Elle est basée sur la quantité de gaz carbonique obtenue en faisant fermenter un jus de raisin du commerce pendant 2 heures et demie. Les résultats obtenus peuvent être exprimés soit d'une façon empirique en les comparant avec ceux obtenus à partir d'une levure standard bien connue soit en les exprimant en molécules d'éthanol produites par gramme de levures et par heure.

IV. — DETERMINATION DES CELLULES VIVANTES.

Le nombre de cellules vivantes contenu dans une préparation de levures sèches est une donnée importante. Avec l'activité fermentaire, elle peut représenter un critère de qualité valable.

Malheureusement, la détermination du nombre de cellules vivantes d'une préparation de levures sèches manque de précision. Sur la base d'un comptage au microscope, RADLER (1977) a trouvé en analysant différentes préparations commerciales un nombre de cellules allant de 11 à 39 x 10^9 par gramme de préparation. L'écart standard de la méthode était de +/— 30 p. 100. Le problème majeur provient de la tendance qu'ont les cellules à s'agglomérer après la réhydratation. Ce phénomène n'affecte pas seulement le comptage des cellules au microscope mais également la méthode consistant à répartir et compter les colonies formées sur aggar. Les méthodes colorimétriques utilisant le bleu de méthylène ou la primuline pour la détermination microscopique du nombre des cellules endommagées ou mortes ne sont pas très réalistes (PARKHINEN et *al.*, 1976). Par conséquent, la détermination de l'activité fermentaire reste pour l'instant la méthode la plus fiable pour juger de la qualité d'un échantillon de levures sèches.

REHYDRATATION DES LEVURES SECHES

Il n'est pas impératif de réhydrater les levures sèches avant leur addition au moût. Dans certains cas, elles sont directement incorporées au moût dans la cuve de fermentation.

En dépit de quelques résultats positifs obtenus, nous pouvons affirmer que cette pratique est un gaspillage et qu'une réhydratation convenable est absolument à recommander. Pendant la réhydratation, certains constituants cellulaires de la levure passent dans le milieu environnant et le pouvoir fermentaire des levures s'en trouve réduit. Ces pertes sont réduites au minimum si la réhydratation a lieu à des températures de 37 à 43 °C. La réhydratation peut être effectuée avec de l'eau ou du moût. Une durée de 10 à 15 minutes est considérée comme suffisante. Si l'on utilise du moût pour la réhydratation des levures, on peut sans risque différer le moment du levurage. Si par contre, on utilise uniquement de l'eau, il est bon de ne pas dépasser le temps indiqué et d'ensemencer le moût dans les 30 minutes. L'influence du temps, de la température et du milieu de réhydratation sur l'activité des levures sèches a été traitée en détail dans de récentes publications (KRAUS et *al.*, 19812; ZURN et *al.*, 1981).

CONCLUSION

Dans de nombreux pays la conduite de la fermentation spontanée des moûts a été remplacée par l'usage des levures sélectionnées qui sont disponibles sous formes de cultures sur aggar ou sous forme de suspensions liquides. Ces cultures sont généralement propagées en cave sous la forme d'un pied de cuve. Un nombre important de cultures est disponible, elles proviennent d'Instituts d'Œnologie de diverses régions viticoles réputées. Depuis 1962, certaines de ces souches sont également disponibles sous forme de levures sèches. celles-ci peuvent être directement utilisées pour inoculer les moûts sans nécessiter une propagation préalable sous forme de pied de cuve. On dispose aujourd'hui d'environ 16 de ces souches, elles appartiennent à trois espèces de levures (*S. cerevisiae, S. bayanus, S. fermentati).* Leur méthode de production a été décrite d'une manière détaillée. Les levures sèches qui ont une teneur en eau de 4 — 8 p. 100 sont stables si elles sont conditionnées dans des emballages sous vide ou sous gaz inertes (azote, gaz carbonique). Le nombre de cellules viables varie entre 19^9 et $4.\ 10^{10}$ par grammes de préparation. Les qualités des levures sèches (mis à part les caractéristiques inhérentes de la souche) peuvent être caractérisées par l'activité fermentaire et par leur teneur en cellules vivantes. Cet article est le premier d'une série de deux articles. La deuxième partie aura trait à l'utilisation ds levures pour la fermentation alcoolique, elle décrira les avantages et les inconvénients des fermentations spontanées, l'utilisation des cultures sélectionnées pour l'élaboration des pieds de cuve et l'utilisation des levures sèches.

Manuscrit reçu le 1er octobre 1982 ; accepté pour publication le 9 mars 1983.

RESUMÉ

Le développement des cultures pures de levures de vinification utilisées pour élaborer des pieds de cuve a été décrit. Depuis 1962 certaines de ces souches

sont disponibles sous forme de levures sèches actives pour l'inoculation directe des moûts. Environ 16 souches appartenant aux espèces **S. cerevisiae, S. bayanus** et **S. fermentati** sont actuellement disponibles. Leurs méthodes de production, leurs composition, stabilité, teneur en cellules viables et réhydratation avant l'emploi ont été décrit.

SUMMARY

The development of pure, selected wine yeast strains for propagation in wineries is described. Since 1962 such wine yeast strains have also become available in the form of commercial active dry yeasts for mass inoculation of musts. About 16 such strains of the species **S. cerevisiae, S. bayanus,** and **S. fermenati** are now available. Their method of production, their composition, stability, number of viable cells, and re-hydration before use are described.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Entwicklung reiner, ausgewähleter Weinhefestämme zur Aufzucht in Kellereien wird beschrieben. Seit 1962 sind solche Stämme auch als aktive Trockenhefen zur Massenbeimpfung von Mosten erhältlich. Zirka 16 Stämme der Gatten **S. cerevisiae, S. bayanus,** und **S. fermentati** sind jetzt im Handel. Die Art ihrer Herstellung, ihre Zusammensetzung, Haltbarkeit, die Zahl der lebenden Zellen, und ihre Rehydration vor Einsatz wird beschrieben.

RESUMEN

Se describe el desarrollo de cultivos puros de levaduras de vinificación utilizadas para elaborar pies de cuba. Des de 1962 se dispone de algunas de estas cepas bajo forma de levaduras secas activas para inoculación directa de los mostos. Alrededor de 16 cepas pertenecientes a las especies de **S. cerevisiae, S. bayanus** y **S. fermentati** están disponibles. Se describen sus métodos de producción, su composición, estabilidad, contenido en células viables y rehidratación antes del empleo.

RIASSUNTO

Habbiamo descrito la sviluppamento delle colture pure di lieviti di vinificazione utilizzate per fare piè di tino.

Dal 1962, certe di queste specie di lieviti sono disponibili sotto forma di lieviti secchi attive per l'inoculazione diretta dei mosti. Circa sedici specie tra **S. cerevisiae, S. bayanus** e **S. fermentati** sono attualmente disponibili. Habbiamo descrito il loro metodo di produzione, la loro composizione, stabilità, tenore in cellule vitali e la loro reidratazione prima dell'uso.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ADAMS A.M., 1953-1954 A. Studies on the storage of yeasts. II. Wine yeast starter stored as moist yeast. Rept. Ontario Hort. Expt. Sta. and Products Lab., 98.

ADAMS A.M., 1953-1954 B. A simple continuous propagator for yeast. Rept. Ontario Hort. Expt. Sta. and Products Lab., 102-103.

AMERINE A.M., BERG H.W. et CRUESS W.V., 1972. The Technology of Winemaking. AVI Publ. Co., Westport, CT.

CASTOR J.G., 1953. Experimental development of compressed yeast fermentation starters. *Wines & Vines,* **34**, N° 8, 27 ; N° 9, 33.

COOTES R.L., ROGERS P.L. et LEE T.H., 1979 A. Experimental production of fortified sweet wine by single-stage continuous fermentation. I. Evaluation of 5 strains of *S. cerevisiae* and *S. bayanus. Amer. J. Enol. Vitic.*, **30**, N° 2, 81-87.

DE SOTO R.T., 1955. Integrating yeast propagation with winery operation. *Amer. J. Enol. Vitic.*, **6**, N° 3, 26-29.

HARTMEYER W., 1976. Active dry yeast and method of producing same. Patente allemande N° 25 15 029.

KNAPPSTEIN A.T. et RANKINE B.C., 1970. Commercial application of pure yeast in winemaking and its influence on wine quality. *Australian Wine, Brew., Spirit. Rev.*, **89**, N° 3, 52-54.

KRAUS J. K., SCOPP R. et CHEN S.L., 1981. Effect of rehydration on dry wine yeast activity. *Amer. J. Enol. Vitic.*, **32**, N° 2, 132-134.

PARKHINEN E., OURA E. et SUOMALAINEN H., 1976. Comparison of methods for the determination of the viability of stored baker's yeast. *J. Inst. Brew.*, **82**, N° 5, 283-285.

RADLER F., 1977. Etude microbiologique de levures sèches actives. OIV, DT 64.

REED G., 1974. Comparison of the use of commercial yeasts. *Process Biochem.*, **9**, N° 9 11-12, 32.

REED G., CHEN S.L., 1978.Evaluating commercial active dry wine yeasts by fermentation activity. *Amer. J. Enol. Vitic.*, **28**, N°3, 165-168.

REED G., 1982. Prescott and Dunn's Industrial Microbiology, 4th edition, AVI Publ. Co., Westport, CT.

THOUKIS G. et BOUTHILET R.J., 1963. The use of pressed yeast cake in winery fermentation. *Wines and Vines,* **44**, N° 1, 25-26.

ULBRICH M. et SALLER W., 1951. Investigations of the practicality of aeration of pure cultures of commercial wine yeasts. *Mitt. Klosterneuburg,* Rebe Wein, Ser. A., **1**, 94-104.

ZÜRN F., BAUER H. et STROM G., ,1981. Untersuchungen zur Reaktivierung von Trockenhefen. *Weinwirtschaft,* **34**, 1010-1012.