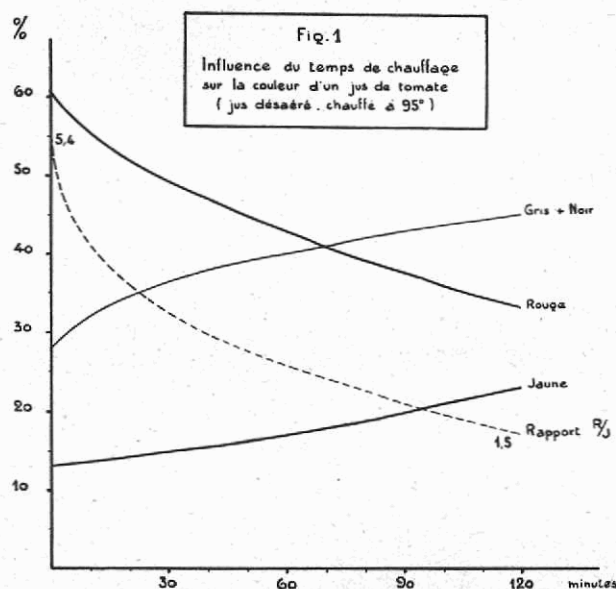


Un nouvel appareil de détermination de la couleur des produits de tomate

Bien qu'une corrélation directe entre la couleur et la saveur pour les produits de la tomate soit un fait assez discuté (22, 42), la couleur rouge est considérée comme un critère important dans l'évaluation de la qualité de ces produits.

Il existe en réalité des tomates normalement jaunes ou roses à maturité, mais elles ne sont pas considérées comme aptes à la conserve parce que le consommateur est habitué aux jus, concentrés, pulpes ou sauces de tomate vivement colorés : la vivacité de la couleur est synonyme de qualité



et, en fait, elle correspond assez bien à la qualité de la saveur pour les tomates courantes puisque l'oxydation, le chauffage exagéré ou la contamination métallique dégradent à la fois la couleur et la saveur (1, 2, 3, 4, 5, 15). La fig. 1 montre la dégradation de la couleur, mesurée selon le système de Munsell, sous l'influence de la chaleur, dans un jus de tomate préparé en 1945 à notre laboratoire : la proportion du rouge au jaune décroît rapidement dans les premières minutes du chauffage.

La couleur du produit dépend d'ailleurs étroitement de celle de la matière première, la tomate fraîche, qui peut être, selon la variété, les conditions de culture et la maturité, plus ou moins riche en lycopène (6).

En raison de ces considérations et pour répondre au

goût du consommateur, les services de normalisation ont donné à la couleur une importance relative assez grande ; par exemple, dans le système de cotation établi par la Commission Technique des Jus de Fruits en France, on attribue 2 coefficients à la saveur, 1 à la couleur et 1 à l'absence de défauts (7).

Méthodes de détermination.

Depuis longtemps, les laboratoires se sont efforcés de mettre au point une méthode pratique d'appréciation de la couleur des produits de la tomate.

Il faut citer en premier lieu l'application du système de Munsell dont le Livre des Couleurs permet une définition commode des couleurs par la combinaison de trois facteurs : teinte, luminosité et intensité colorante (8).

Le principe de la méthode est le suivant : (9)

La couleur du produit est évaluée par comparaison optique avec la couleur composite donnée par la rotation rapide de secteurs de couleurs définies ; ces secteurs ont été fixés avant la rotation de manière à avoir des surfaces relatives définies, et l'on fait varier ces surfaces par tâtonnements jusqu'au moment où l'on estime que la correspondance avec le produit est bonne. La couleur est alors définie par les pourcentages de surfaces de chacun des secteurs colorés. Cette méthode a été adoptée par notre laboratoire en 1944 et reste pour le moment la méthode classique en France ; elle a été décrite en 1945 par la Commission des Méthodes d'analyses pour les jus de fruits (10, 10 bis). Selon la norme française des jus de tomates, qui a été mise en vigueur en 1951, la couleur minimum (c'est-à-dire la moins rouge) est définie par les pourcentages suivants (11) :

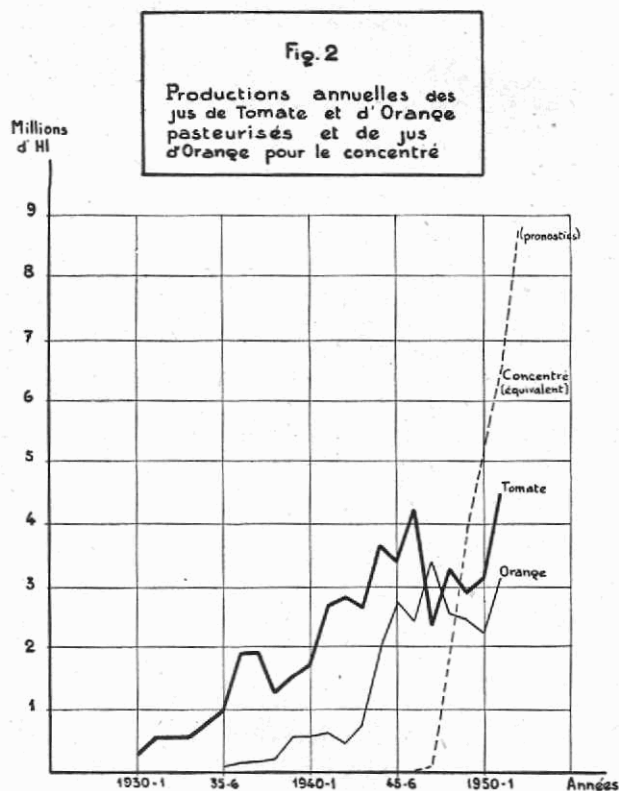
Secteur	Définition	Pourcentage en :	
		1 ^{re} qualité	qualité courante
Rouge.....	5 R 2,6/13	65	53
Jaune	2,5 YR 5/12	21	28
Gris.....	N 4 mat	14	19
Noir.....	N 1 brillant		

Ces limites sont d'ailleurs très libérales.

Pour l'utilisation pratique de cette méthode, la Cie Mun-

sell avait préparé des disques de papier fort coloré et un petit appareil léger permettant de les fixer en leur centre, une fois imbriqués pour laisser apparaître des secteurs de 4 couleurs, et de les faire tourner sur eux-mêmes.

Depuis la mise au point de ce procédé, qui date de plus de vingt ans, la tomate industrielle et plus particulièrement le jus de tomate, a pris une extension énorme aux États-Unis puisque la production annuelle du jus dépasse maintenant 4 millions d'hl (47) et celle des tomates destinées à la conserve 3 millions de tonnes.



Le jus de tomate reste d'ailleurs le plus important de tous les jus de fruits, bien qu'il soit dépassé depuis peu par le jus d'orange concentré congelé (fig. 2) (12, 13).

C'est pourquoi les Américains ont entrepris de nombreux travaux sur les méthodes de contrôle de la qualité des tomates et de leurs produits ; en particulier le problème de la couleur a retenu leur attention et ils se sont efforcés de trouver des procédés pratiques diminuant ou éliminant le facteur personnel qui joue évidemment un rôle important dans l'appréciation visuelle.

Les Italiens, de leur côté, pour lesquels le concentré de tomate représente une production traditionnelle abondante, se sont occupés surtout de la mesure de la couleur des concentrés et de la recherche du pourcentage de tomate dans un concentré par le moyen d'un dosage de la matière colorante.

Classification des méthodes.

Plutôt que de suivre l'ordre chronologique, nous pourrions, pour plus de clarté, ramener les différentes méthodes proposées à quelques groupes.

1° Emploi de secteurs colorés.

Nous avons cité les premiers travaux mettant en application le système de Munsell (9, 17). La méthode a été officialisée dans les normes américaines de divers produits de tomate et se retrouve sans changement dans un bulletin de la National Canners Association en 1950 (16).

Depuis la Guerre, Gould (19, 20, 21) a étudié spécialement la réalisation d'un appareil pratique muni de son propre éclairage évitant les reflets ou l'influence des colorations anormales de la lumière, pour faciliter l'appréciation visuelle et en augmenter l'efficacité.

En Italie, Emanuele (14) a utilisé, dès 1932, le principe de la superposition des couleurs de Munsell et a construit un appareil cylindrique rotatif qui permet de voir côte à côte le jus de tomate et la couleur composite ; nous l'avons employé dans une usine du Midi de la France (3).

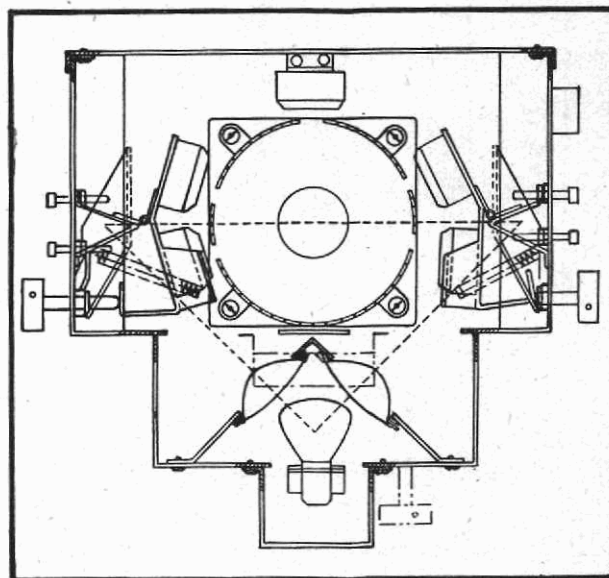


FIG. 3. — Schéma de l'appareil de Hunter.

2° Emploi de photomètres optiques.

Ces appareils étant en général assez simples sont moins onéreux que les photomètres à cellules photo-électriques, et d'un emploi plus facile ; ils sont aussi plus anciennement répandus dans les laboratoires. En 1937, Carrasco (43, 44) a utilisé le tintomètre (Millford, Salisbury) et Olivari (22) le microphotomètre oculaire de Hatchek.

3° Emploi d'un photomètre à cellule.

C'est dans cette catégorie que les études récentes sont les plus nombreuses, ainsi que les appareils proposés. En général, la méthode consiste à éclairer l'échantillon, qui peut être soit le fruit entier, soit la section du fruit, soit

la surface du jus ou de la purée, et à mesurer l'intensité de la couleur réfléchie au moyen d'une ou plusieurs cellules photo-électriques, en utilisant des écrans colorés intermédiaires.

A) Appareil de Hunter. — Le Color Difference Meter de Hunter (23) est un des appareils les plus utilisés aux États-Unis; il a déjà fait l'objet d'études et de comparaisons (1, 6, 24, 26, 30).

La fig. 3 en donne une coupe schématique; l'appareil est construit par Gardner Laboratories, Bethesda, Md.

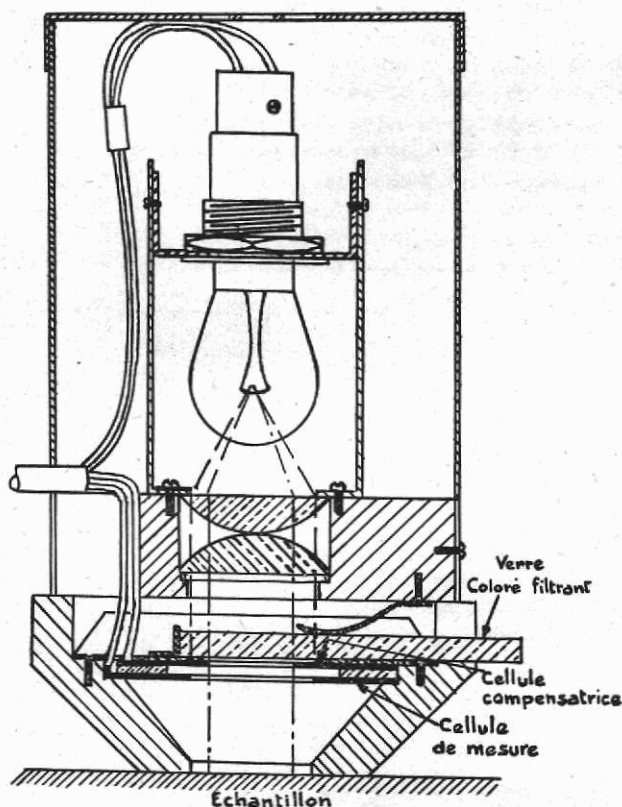


FIG. 4. — Appareil « Photovolt Reflexion Meter ».

B) Photovolt Reflexion Meter. (fig. 4). — C'est un appareil assez simple ne comportant que 2 cellules et destiné à toutes mesures par réflexion (Photovolt Corp., 95 Madison Avenue, N. Y. C); on peut l'utiliser pour la pulpe, la purée et le jus de tomate (2, 18, 25, 26).

C) Purdue Color Ratio Meter. — L'appareil mis au point à la Station Agricole de Purdue, à Lafayette, Ind., a été conçu spécialement pour l'étude et le contrôle de la couleur du fruit entier (29, 30, 45). Il comporte 6 cellules photo-électriques munies de 6 filtres colorés opposés deux à deux, rouges et jaunes, ainsi qu'un éclairage fluorescent circulaire autour du fruit (fig. 5).

D) Magnuson Engineers Agron. (fig. 6). — Cet appareil est simple et son usage semble se répandre,

principalement en Californie (31, 39). (Magnuson Engineering Co., S. Jose, Calif.)

4° Emploi d'un spectrophotomètre.

Beaucoup de laboratoires modernes possèdent un spectrophotomètre, bien que ce soit un matériel coûteux, car les méthodes modernes d'analyses font souvent appel à la spectrographie ou spectrophotométrie. Aux États-Unis, l'appareil le plus courant est le spectrophotomètre de Beckman, modèle DU; des chercheurs l'ont utilisé pour la tomate en décrivant le moyen d'analyser la lumière réfléchie (2, 18, 28); de même Ciusa, en Italie (27).

Kramer et Smith ont mis au point une méthode photométrique d'extraction des pigments des abricots et pêches (33) et ont employé le spectrophotomètre Monochromateur Universel de Coleman pour la mesure de la couleur des conserves et spécialement de la tomate (34).

Enfin Blumer, Parrin et Peterson (4) préconisent l'emploi en lumière réfléchie du General Electric Recording Spectrophotometer, appareil intéressant mais onéreux.

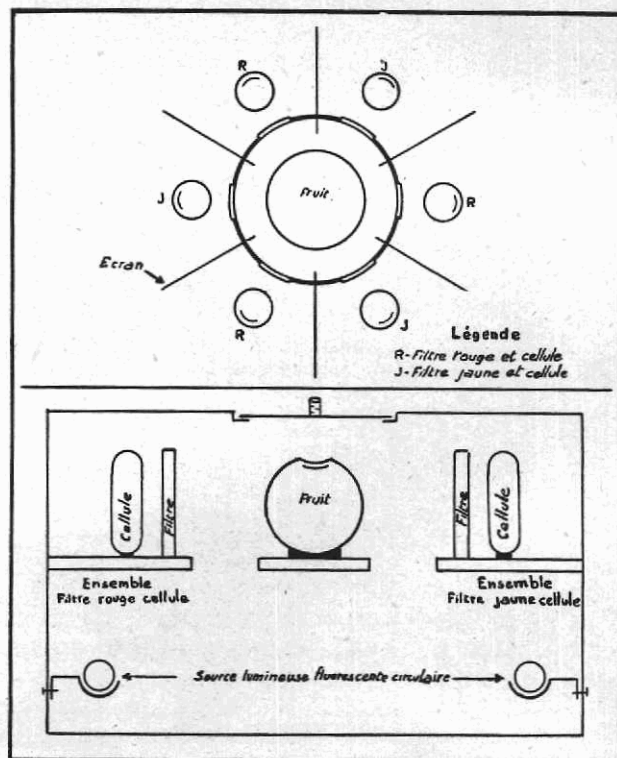


FIG. 5. — Schéma de l'appareil de l'Université de Purdue.

5° Extraction du lycopène et dosage.

C'est en somme la méthode utilisée par Kramer que nous avons cité plus haut et qui a effectué le dosage photométrique sur l'extrait filtré (34). Davis (32) a utilisé la même méthode en employant le spectrophotomètre de Beckman, mais il a aussi effectué des dosages par chromatographie; de même Stock en Angleterre a étudié les

matières colorantes de la tomate par chromatographie et a mis au point une méthode de dosage du lycopène au moyen d'un spectrophotomètre de Hilger (35). D'autres enfin (36, 37, 38), surtout en Italie, ont basé leur méthode de recherche du degré de concentration des produits de tomate sur l'extraction et le dosage photométrique du lycopène.

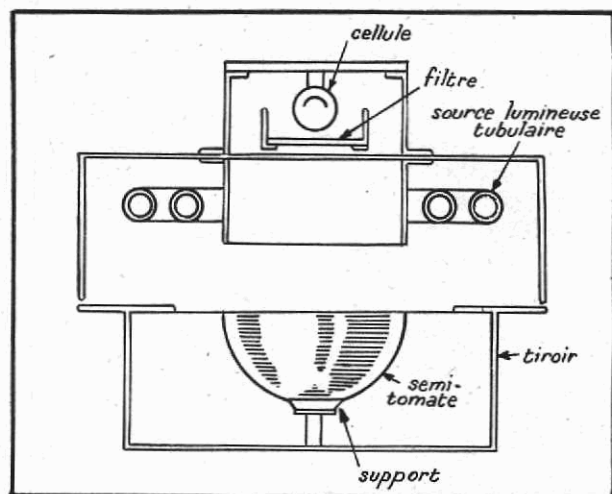


FIG. 6. — Schéma de l'appareil Agtron.

6° Autres procédés.

Si d'autres méthodes sont applicables surtout dans les laboratoires bien pourvus en matériel spécial, nous pouvons citer cependant la photographie en noir et blanc proposée par Eolkin (41) qui permet de conserver un document inaltérable pour chaque dosage. La photographie est prise à travers un filtre de couleur convenable et il suffit de comparer le noircissement des clichés au moyen d'un appareil optique ou d'un microphotomètre à cellule.

Comparaison des méthodes.

Le nombre même de ces méthodes prouve qu'aucune d'entre elles n'est entièrement satisfaisante, ce qui est d'ailleurs normal puisque le procédé idéal doit être à la fois simple, rapide et sûr, sans nécessiter un matériel trop onéreux ou un personnel trop évolué. Heureusement pour nous un travail de comparaison et d'évaluation de beaucoup de ces méthodes a été effectué par un certain nombre d'auteurs déjà cités (2, 5, 18, 21, 26, 30, 32, 34), et d'ailleurs le Ministère de l'Agriculture des États-Unis a spécialement mis à l'étude ce sujet (21, 45).

Malgré les perfectionnements apportés à l'emploi des disques de Maxwell colorés selon le code de Munsell qui constitue encore la méthode américaine officielle, les Américains semblent s'orienter vers un appareil à cellules photo-électriques construit spécialement pour cet usage.

A l'échelle de la France, c'est une solution onéreuse

pour un laboratoire d'usine ou même pour un laboratoire officiel qui n'a que rarement l'occasion de contrôler des produits de tomate.

Les Italiens utilisent les photomètres existant toujours dans les laboratoires même modestes, pour évaluer le lycopène ; mais ce n'est pas une méthode très rapide.

Un nouvel appareil français.

La solution que nous avons adoptée au Centre de Recherches des Jus de Fruits (rattaché à l'I. F. A. C.

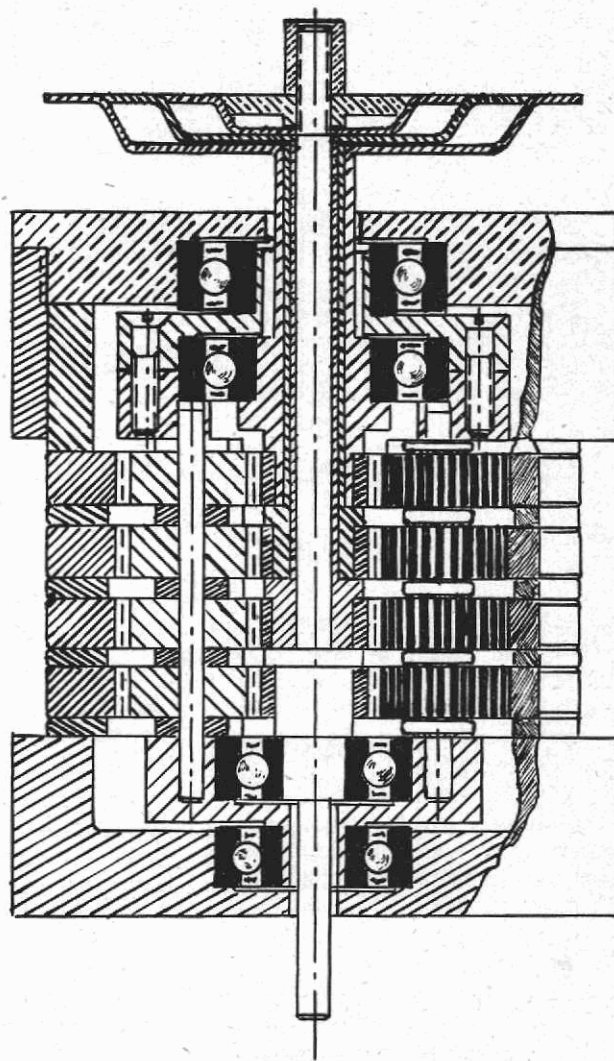


FIG. 7. — Coupe du comparateur à variation continue.

depuis 1952) est certainement susceptible d'être améliorée ; néanmoins elle nous a rendu service, car un nouvel appareil nous a permis d'utiliser avec suffisamment de sécurité la vieille méthode qui a le mérite de la simplicité et de la rapidité, celle des disques tournants.

Notre Centre a commencé à fonctionner sous l'occupation, à un moment où il était impossible de recevoir du matériel ou des renseignements des États-Unis. Grâce aux documents de M. Cheftel, la Maison Duco a pu fabriquer des disques aux couleurs définies d'après le livre de Munsell, et nous avons utilisé quelque temps un petit appareil jouet pour faire tourner ces disques.



FIG. 8. — Le comparateur démonté.

Cependant, les résultats restaient assez discutables, le facteur personnel d'appréciation tenant un rôle important dans la comparaison entre les disques tournants et l'échantillon.

Nous avons alors demandé à M. Rozé — constructeur de matériel que connaissent bien les lecteurs de cette revue — de réaliser un appareil conçu sur le principe du différentiel et permettant de faire varier *en marche* les positions relatives des disques colorés.

Les fig. 7, 8 et 9 donnent une idée de la constitution de cet appareil.

En manipulant les index fixés sur les couronnes dentées, on peut faire varier insensiblement ou rapidement la couleur composite, de sorte que la comparaison visuelle avec l'échantillon est facile et sûre : si l'œil humain n'atteint pas la précision de la cellule photo-électrique, il permet cependant des résultats reproductibles à quelques unités de pourcentage près.

La condition primordiale d'un emploi satisfaisant des disques est de pouvoir disposer d'un éclairage excellent en lumière du jour ; les lampes à incandescence non filtrée sont trop jaunes et les tubes fluorescents ne conviennent que s'il sont montés de façon à éviter l'effet stroboscopique.

L'appareil qu'on pourrait intituler : comparateur de couleurs à variation continue, est léger et peu encombrant,

bien que robuste : carcasse en acier, couronnes dentées et pignons de bronze taillés, roulements à bille, accessoires en métal léger.

Une poulie transmet la rotation de n'importe quel petit moteur d'agitateur ou turbine de laboratoire.

L'appareil s'arrête dès qu'on supprime la force motrice et on relève alors les pourcentages des quatre couleurs de secteurs au moyen d'un cercle gradué ; on pourrait d'ailleurs, sans arrêter l'appareil, lire les pourcentages sur une graduation gravée devant laquelle se déplacent les index.

Ce prototype continue à nous rendre service sans usure apparente depuis 5 ans. Si M. Rozé envisage de mettre d'autres appareils du même genre en construction, il est probable qu'il les montera directement sur le socle d'un petit moteur électrique ou mécanique.

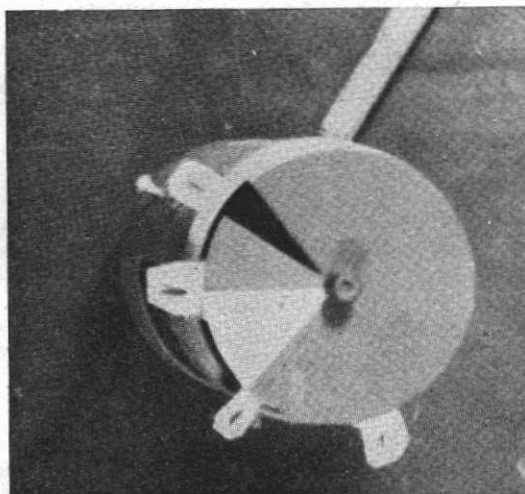


FIG. 9. — L'appareil avec ses disques en place.

Par sa simplicité d'utilisation, par le fait qu'il est robuste et indé réglable et qu'enfin il est plus économique qu'un appareil électronique ou comportant des cellules photo-électriques et un galvanomètre, ce comparateur est appelé à rendre de grands services dans les laboratoires de contrôle, les laboratoires officiels, les usines et les pays d'Outre-Mer. Il a été étudié pour la détermination de la couleur des produits de la tomate mais pourrait évidemment, en changeant simplement la couleur des disques de papier, s'adapter à n'importe quelle comparaison de couleur, en particulier : pulpe d'abricot, jus d'orange ou d'ananas, ou encore : farines, produits laitiers (46), pulpe de bois, etc...

P. DUPAIGNE,
Ingénieur agronome
I. F. A. C.

RÉFÉRENCES

1. W. B. ROBINSON, J. R. RANSFORD, D. B. HAND. Measurement and control of color in the canning of tomato juice. *Food Techn.*, 5, 8, 314, Aug. 1951.
2. M. E. FRIEDMAN, G. L. MARSH, G. MCKINNEY. On color on tomato products. *Food Techn.*, 6, 10, 395, Oct. 1952.
3. Étude sur les jus de Cassis, Groseilles, Tomates et Raisin. *Bull. n° 1, Centre de Recherche des Jus de Fruits*, Paris, 1946.
4. T. E. BLUMER, F. W. PARRIN, G. T. PETERSON. Effect of sterilization temperature on color of tomato juice. *Cont. Can. Co, Res. Bul. n° 28*, 1952.
5. E. J. EASTMOND, J. E. PETERSON, R. R. STUMPF. Observations on color changes in some processed and stored foods. *Food Techn.*, 5, 3, 121, 1951.
6. R. E. BUCK, R. A. SPARKS. Relation of ketchup color to tomato color. *Food Techn.*, 6, 4, 122, 1952.
7. Méthode de cotation utilisable dans l'appréciation organoleptique des jus de fruits. *Commission Technique de l'Union des Producteurs de Jus de Fruits*, Paris, 1951 (inédit).
8. Munsell Book of color. Munsell Color Co., I. O. E. Franklin St., Baltimore, Md.
9. D. NICKERSON. A colorimeter for use with disc mixture. *J. Opt. Soc. Am.*, 21, 640, 1931.
10. Méthodes pour le prélèvement et l'analyse des jus de fruits. Comité d'Organisation, avril 1945 (Centre de Recherches, Paris).
10. bis. P. NAVELLIER. Une étape vers la normalisation des Jus de Fruits. *Fruits d'Outre-Mer*, vol. 1, n° 5, 1946, p. 150 à 153.
11. Norme française des jus de tomate. *A. F. N. O. R.*, 31 oct. 1951, v. 76-1003.
12. Anon. Production of frozen orange juice increasing. *Ice and Refrig.*, 123, 5, 47, nov. 1952.
13. E. W. WILLIAMS. Million gallon weekly sales spur Florida to greater output. *Quick Frozen Foods*, 15, 6, 41, jan. 1953.
14. F. MANUELE, G. MAURI. Sulla determinazione del color dei concentrati di pomodoro. *Ind. It. Cons.*, 7, 6, 178, Jun. 1932.
15. J. H. MCGILLIVRAY. Tomato color as related to quality in the tomato canning industry. *Purdue Univ. Agr. Exp. Sta.*, Bull. 350, 1931.
16. W. D. BIGELOW, H. R. SMITH, C. A. GREENLEAF. Tomato products. *Nat. Cann. Assn.*, Bull. 27 L, 1941, revised 1950.
17. J. S. MITCHELL. Comparative composition and color of tomato juice. *J. of A. O. A. C.*, 18, 128, 1935.
18. W. B. ROBINSON et al. A study of methods for the measurement of tomato juice color. *Food Techn.*, 6, 7, 269, Jul. 1952.
19. W. A. GOULD, F. A. KRANTZ. Simple device boosts accuracy of P. M. A. color grading method. *Food Packer*, 32, 7, 24, Jul. 1951.
20. W. A. GOULD. Artificial light for visual color evaluation of fruits. *Food Packer*, 33, 11, 33, Nov. 1952.
21. W. A. GOULD. Color grading of fruits and vegetables. *Food Packer*, 34, 2, 42, Feb. 1953.
22. L. OLIVARI. La valutazione della qualità delle conserve di pomodoro in base al colore. *Ind. Ital. Cons.*, 22, 4, 93, Oct. 1947.
23. R. S. HUNTER. Photoelectric color difference meter. *J. Opt. Soc. Am.*, 38, 661, 1948.
24. S. G. YOUKIN. Color measurement of tomato purees. *Food Techn.*, 4, 9, 350, Sep. 1950.
25. O. J. WORTHINGTON, R. C. CAIN, E. H. WIEGANG. Determination of color of unclarified juices by reflectometer. *Food Techn.*, 3, 8, 274, Aug. 1949.
26. A. KRAMER. This meter gives better color evaluation. *Food Ind.*, 22, 11, 70, Nov. 1950.
27. W. CIUSA. La misura del colore delle conserve di pomodoro mediante lo spettrofotometro di Beckman. *Ind. It. Cons.*, 26, 2, 37, Mar. 1951.
28. J. P. McCOLLUM. Color and pigment studies with different grades of tomato juice. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.*, 44, 398, 1944.
29. N. W. DESROSIER, F. C. GAYLORD, W. F. KELLIE, N. K. ELLIS. Meter simplifies color grading of fruits and vegetables. *Food Eng.*, 24, 5, 92, May 1952.
30. Anon. Choosing a practical method of evaluating tomato color. *Canner*, 115, 26, 15, Dec. 1952.
31. T. J. SMITH, R. A. HIGGINS. Tomato classification by spectrophotometry. *Electronics*, 25, 1, 92, Jan. 1952.
32. W. B. DAVIS. Estimation of color in tomato paste. *Anal. Chem.*, 21, 12, 1500, Dec. 1949.
33. A. KRAMER, H. R. SMITH. Electrophotometric methods for measuring ripeness and color of canned peaches and apricots. *Food Techn.*, 1, 4, 527, Oct. 1947.
34. A. KRAMER, H. R. SMITH. Preliminary investigations on measurement of color in canned foods. *Food Res.*, 11, 1, 14, Jan. 1946.
35. F. G. STOCK. The estimation of tomato solids in tomato products. *Analyst*, 75, 888, 117, Mar. 1950.
36. Anon. Color in tomato products. *Food Manuf.*, 24, 6, 274, Jun. 1949.
37. R. CULTRERA, A. BUFFA. Sulla determinazione del colore nei concentrati di pomodoro. *Ind. It. Cons.*, 26, 2, 33, Mar. 1951.
38. Anon. Analisi dei concentrati e del ketchup di pomodoro. *Ind. It. Cons.*, 27, 1, 28, Jan. 1952.
39. S. R. WHIPPLE. Grading tomatoes for color. *Canner*, 114, 9, 14, Mars. 1952.
40. W. B. DAVIS. Application of a color index to the determination of color in tomato paste. *Fruit Prod. J.*, 28, 9, 272, May 1949.
41. D. EOLKIN. Relative color evaluation of food purees using black and white photography. *Food Tech.*, 6, 6, 214, Jun. 1952.
42. O. CARRASCO. La valutazione della qualità delle conserve di pomodoro in base al colore. *Ind. It. Cons.*, 28, 1, 9, Jan. 1948.
43. O. CARRASCO. La misura del colore delle conserve. *Ind. It. Cons.*, 12, 1, 1, Jan. 1937.
44. O. CARRASCO. Color in tomato products. *Food Ind.*, 9, 7, 405, Jul. 1937.
45. Anon. Tomato color grading instruments at Purdue's food processing laboratory. *Canner*, 115, 16, 13, Oct. 1952.
46. R. CHEVALIER, J. RIVIÈRE, F. MILHAUD. Normalisation de la stérilisation dans les gouttes de lait. *Semaine des Hôpitaux*, 25, 70, 2880, sept. 1949.
47. Anon. Canned Vegetables pack 1951-52. *Canner*, 114, 22, 16, mai 1952.