

notes et documents

EFFETS DU DEGRÉ DE CONCENTRATION ET DE LA TEMPÉRATURE D'ENTREPOSAGE SUR LES JUS D'ORANGE CONCENTRÉS OU NATURELS

Nous avons déjà signalé dans notre documentation analytique une étude très intéressante faite à la Station de Winter-Haven, par Laurence CURL, relative à l'influence du degré de concentration et de la température d'entreposage sur la conservation du jus d'orange; il nous paraît utile de la rapprocher d'une étude antérieure faite par le même auteur et ses collaborateurs sur un sujet analogue, mais dans laquelle les auteurs examinaient plus particulièrement l'influence de la température sur le gonflement des boîtes.

Dans son premier article, CURL exposait une série de recherches faites pendant la guerre sur des jus de concentration fixe contenant 64% de matières solides et soumis à des températures variant de 45° à 49°. Il opérait sur 3 lots : pasteurisés, non pasteurisés, et additionnés de benzoate de soude; il constatait que le bombage des boîtes a lieu plus rapidement aux hautes températures qu'aux températures moyennes, mais que les 3 séries de boîtes se comportaient de la même façon quant au gonflement; il constata aussi qu'il n'y avait pas plus de microorganismes dans les jus non pasteurisés que dans ceux qui l'avaient été (ceci pour les températures moyennes), mais que les non pasteurisés placés dans les conditions de température voulues (27° et 35°C) présentaient une fermentation au bout de 4 ou 5 jours. Aucune fermentation ne fut constatée dans le lot benzoaté entreposé un an à 4°C, mais transporté à 27°C il fermente rapidement et on a pu mettre en évidence la présence d'un nombre élevé de microorganismes.

On constate de plus que CO² est bien le gaz occasionnant le gonflement des boîtes. Déjà LOEFFLER dans une étude précédente avait constaté que CO² était le gaz dégagé et qu'il était bien plus abondant à 35°C qu'à 4°C; il avait pensé que celui-ci était dû uniquement aux décompositions chimiques occasionnant une saveur désagréable aux jus. CURL, lui, conclut qu'entre 27° et 35°C des microorganismes peuvent causer la fermentation des jus, mais qu'à partir de 45° on ne constate plus la présence d'aucun microorganisme, et qu'alors CO² est dû uniquement à des décompositions chimiques.

Les dernières expériences de CURL ont porté sur des jus de concentration variable; d'abord sur des jus frais et de concentration normale, puis sur six lots de jus d'orange concentrés, contenant de 13 à 71% de matières solides dissoutes. Les jus sont entreposés à des températures variant de 4°5 C à 49°, et examinés périodiquement. On détermine le degré d'altération des jus par la perte en acide ascorbique, le vide ou la pression dans les boîtes, les changements dans la couleur et la saveur, enfin par la recherche du sucre total, du saccharose, et des sucres réducteurs. Toutes ces déterminations sont faites sur le jus reconstitué, et ramené à son volume initial.

PROCÉDÉS EXPÉRIMENTAUX

Les expériences sont faites sur des oranges de la variété Valence. Les jus sont filtrés, puis désaérés et flash pasteurisés (sauf pour les jus très concentrés); tous sont additionnés de benzoate de soude.

Les jus sont ensuite mis en boîtes. Un type de chaque concentration est choisi comme échantillon pour l'analyse initiale, les autres serviront pour la suite des expériences qui ont lieu à 4°5, 15°5, 27°, 38° et 49°. Une expérience initiale a lieu pour chaque échantillon : on détermine le degré Brix du jus de concentration normale soit 13%, et on évalue le poids de chaque jus concentré nécessaire pour reconstituer 500cc du jus dont on est parti. L'acide ascorbique est déterminé par titrage au 2-6 dichlorophénolindophénol. Le sucre réducteur est déterminé par la méthode Lane-Eynon après clarification à l'acétate de plomb.

Les variations de couleur sont mesurées par une méthode semblable à celle de Loeffler et Moore.

Pour la saveur on établit les mesures empiriques suivantes :

pas de saveur apparente	0
saveur légère	1
saveur moyenne	2
saveur forte.....	3
saveur très forte.....	4

TABLEAU

Analyse initiale du jus d'orange normal et des jus d'orange concentrés pris comme témoins

	CONCENTRATION DES SOLIDES DISSOUS %						
	13	20	30	40	50	60	70
Composés solides sol. % à 20° C.	13,0	19,6	29,9	40,7	48,9	60,2	71,1
Acide ascorbique (mg/g).....	0,271	0,421	0,667	0,944	1,111	1,371	1,610
Intensité de coloration (pour le jus reconstitué)...	0,18	0,17	0,17	0,16	0,17	0,18	0,17
Acidité totale (% en acide citrique anhyd.)	0,70	1,05	1,55	2,11	2,52	3,06	3,62
Sucre réducteur exprimé en sucre interverti.....	4,76	7,11	11,01	14,93	17,96	22,07	26,00
Sucre total exprimé en sucre interverti.....	10,48	15,89	24,39	33,20	39,99	49,17	58,05
Saccharose	5,43	8,34	12,71	17,36	20,93	25,75	30,45

ANALYSE INITIALE

Les résultats sont donnés dans le tableau I. On a pris soin de déterminer dans cette première analyse les matières solides dissoutes et l'acidité totale. Ces déterminations ne seront pas faites pour les autres analyses dont la concentration sera fixée à

l'avance. On constate pour les sept lots de jus que le rapport des composés solubles à l'acidité totale est de 19/1; que 45% du sucre total est sous forme de sucre réducteur. Le sucre total est égal à 81 à 82 % de tous les solides dissous, ceci pour tous les jus.

TABLEAU II

Variations du vide (en cm de mercure) ou de la pression (en g) selon la durée d'entreposage et la température

Température en °C.	TENEUR EN MATIÈRES SOLIDES %	13	20	30	41	49	60	71
	VIDE INITIAL	36 c, 9	12 c, 7	27 c, 5	22 c, 5	17 c, 5	7 c, 6	7 c, 6
4°5	3 mois.....	36 c, 6	25 c	30	25	7 c, 5	30 c	12 c, 5
	6 mois.....	34,7	22,5	22,5	27,5	32,5	15	27,5
	9 mois.....	39,7	20	32,5	7,5	22,5	32,5	32,5
	12 mois.....	35	30	30	32,5	17,5	30	25
15°55	3 mois.....	39,3	27,5	25	15	453 g, 6	7 c, 5	0 c
	6 mois.....	37,3	17,5	30	25	20 c	453 g, 6	20 c
	9 mois.....	37,3	27,5	25	20	17 c, 5	12 c, 5	12 c, 5
	12 mois.....	36,8	30	20	22,5	22 c, 5	453 g, 6	7 c, 5
27°	3 mois.....	39,8	20	30	27,5	12 c, 5	907 g, 18	0 c
	6 mois.....	37,1	25	35	12,5	15 c	453 g, 6	2721 g, 55
	9 mois.....	36,8	25	25	10	5 c	2268 g	4082 g, 33
	12 mois.....	30,1	15	17,5	5	453 g, 6	3628 g, 7	6804 g
38°	1 mois.....	34,8	30	25	12,5	453 g, 6	907 g	453 g, 6
	2 mois.....	34,8	7,5	22,5	12,5	453 g, 6	2268 g	4082 g
	4 mois.....	39,3	20	20	17,5	1814 g, 36	2721 g, 55	5443 g
	6 mois.....	34,7	7,5	7,5	453 g, 6	907 g, 18	4536 g	8618 g
49°	1 semaine.....	34,5	25	25	25 c	15 c	453 g, 6	453 g, 6
	2 semaines.....	29,5	15	25	17 c, 5	7 c, 5	1360 g, 8	4989 g
	1 mois.....	24,5	17,5	12,5	453 g, 6	3628 g, 7	6350 g	9525 g
	2 mois.....	26,6	7,5	453 g, 6	2721 g, 55	4536 g	9272 g	13.154 g

MESURE DE LA PRESSION OU DU VIDE DES ÉCHANTILLONS

Les analyses de CURL portent d'abord sur le vide demeurant dans les boîtes, ou la pression apparaissant après 3, 6, 9 12 mois d'entreposage.

Il y a peu de changements pour les boîtes entreposées à 4°5 ainsi que pour celles conservées à 15°5. D'une manière générale il y a peu de changement dans le vide des boîtes jusqu'à la concentration de 41 %. Pour cette concentration, et à la température de 27°, on note un changement de vide très net, et pour le jus à 60 ou 71 % apparaît une pression allant jusqu'à 6 kg 804 dans l'une des boîtes après 12 mois d'entreposage.

A 38° même phénomène jusqu'à 41 % de concentration. A partir de 49°, une pression commence à se développer qui va en augmentant avec la durée du stockage. A 49°, il y a une diminution très nette du vide après deux mois d'entreposage. On constate l'existence de la pression dans les boîtes à partir de 30 % de concentration et la pression peut monter après 45 jours jusqu'à plus de 13 kg dans la boîte contenant le jus le plus concentré.

Acide ascorbique. — En général sa conservation est très satisfaisante. Aux basses températures son taux se maintient

au-dessus de 95 %, même dans les échantillons très concentrés (65 % de matières solides) pour une température de conservation de 4°5, et entre 83 et 93 % pour 15°5. Ceci même après 12 mois.

On constate que c'est le lot à 30 % qui conserve la plus haute teneur en acide ascorbique au bout d'une année; le jus non concentré conserve moins bien l'acide ascorbique que les autres. A partir de la température de conservation de 27°, la perte en acide ascorbique croît à mesure que les jus sont plus concentrés (très nettement à partir de 41 %).

Pour les lots placés à des températures relativement élevées la perte est encore plus rapide; elle est sensiblement la même dans les jus conservés pendant trois mois à 27°, un mois à 37° et une semaine à 49°. On peut dire que la perte en acide ascorbique est 3 fois plus rapide à 38° qu'à 27°, et environ 5 fois plus rapide à 49° qu'à 38°.

Ces résultats confirment les précédentes recherches faites par CURL et ses collaborateurs dans lesquelles les auteurs avaient constaté la disparition beaucoup plus rapide de l'acide ascorbique aux hautes températures; mais n'opérant que sur des jus de concentration uniforme ils n'avaient pu constater l'effet du degré de concentration sur la perte en acide ascorbique. Ici il semble qu'il y ait une concentration optima pour la conservation de l'acide ascorbique.

TABLEAU III

Pourcentage de la rétention de l'acide ascorbique dans les jus d'orange reconstitués

Température en °C	TENEUR EN MATIÈRES SOLIDES %	13	20	30	41	49	60	71
4°5	3 mois.....	98	98	97	97	99	98	99
	6 mois.....	95	95	97	97	97	98	98
	9 mois.....	94	97	97	93	97	95	98
	12 mois.....	97	98	97	97	97	97	98
15°5	3 mois.....	93	94	96	95	97	95	96
	6 mois.....	90	93	94	92	93	93	92
	9 mois.....	87	87	94	88	89	89	88
	12 mois.....	85	86	92	86	88	85	83
27°	3 mois.....	91	87	88	84	81	75	62
	6 mois.....	81	80	75	67	57	36	18
	9 mois.....	78	71	64	49	32	12	6
	12 mois.....	70	63	51	30	16	6	6
38°	1 mois.....	88	86	89	84	82	74	59
	2 mois.....	82	85	74	64	53	32	13
	4 mois.....	67	59	39	25	10	8	8
	6 mois.....	48	34	14	5	—	—	—
49°	1 semaine.....	89	89	88	83	81	75	60
	2 semaines.....	79	76	64	53	44	27	12
	1 mois.....	56	33	15	9	9	9	8
	2 mois.....	21	9	—	—	—	—	—

INTENSITÉ DE LA COLORATION

Elle est étudiée sur les jus filtrés et reconstitués. Celle des jus initiaux est identique, dans tous les échantillons quelle que soit leur concentration. On ne constate aucun changement à 4°5, à peine un très léger affaiblissement de la teinte des jus, ce qui semblerait indiquer que des pigments solubles ont été précipités.

A partir de 15°5, il y a une légère augmentation de teinte qui s'accroît avec la concentration et la durée du stockage. A 27° apparaît une augmentation rapide de la coloration avec la

concentration (les jus à 71 % ont une coloration 2 fois plus élevée que ceux à 13 % de matières solides) après 2 mois seulement d'emmagasinage, et onze fois plus élevée après 12 mois de conservation. Ceci est encore beaucoup plus accentué dans des jus conservés à des températures plus élevées.

La perte de la coloration de certains jus semble accompagner la perte en acide ascorbique. C'est ce qu'avait déjà constaté BEATHIE, WEELE et PEDERSON dans un travail sur les jus de fraises ou ils avaient constaté que la perte de couleur et de saveur accompagnent la perte de l'acide ascorbique.

TABLEAU IV

Pourcentage de la rétention du sucre total dans les jus d'orange reconstitués

Température en °C	TENEUR EN MATIÈRES SOLUBLES %	13	20	30	41	49	60	71
4°5	3 mois.....	99.5	100.0	99.9	99.8	100.2	100.3	99.9
	6 mois.....	100.2	100.3	100.0	100.0	100.5	99.8	99.9
	9 mois.....	99.5	99.9	100.7	99.9	100.2	100.0	99.8
	12 mois.....	99.9	100.1	100.0	99.6	99.8	100.4	100.4
15°5	3 mois.....	100.0	100.5	100.0	99.9	100.2	100.1	99.8
	6 mois.....	99.9	99.8	100.0	99.8	100.1	100.2	99.7
	9 mois.....	99.9	99.9	100.1	99.9	100.1	100.2	99.9
	12 mois.....	99.4	99.9	100.0	99.8	100.3	100.1	99.5
27°	3 mois.....	99.9	100.1	100.0	100.0	100.1	100.0	99.6
	6 mois.....	100.5	100.0	99.8	99.7	99.8	99.5	99.5
	9 mois.....	100.4	100.0	99.8	99.8	99.7	99.3	98.8
	12 mois.....	100.3	99.8	100.0	99.3	99.2	99.3	98.0
38°	1 mois.....	99.6	100.0	100.2	99.8	100.1	100.3	99.7
	2 mois.....	99.8	100.0	100.1	100.0	100.4	100.0	99.3
	4 mois.....	99.8	100.1	100.0	99.7	99.1	99.0	98.3
	6 mois.....	100.1	100.0	99.7	98.8	98.8	97.5	96.9
49°	1 semaine.....	100.0	100.0	99.9	99.9	100.0	100.4	99.3
	2 semaines.....	100.8	100.0	100.0	99.9	100.2	99.8	98.5
	1 mois.....	99.7	99.6	99.0	98.4	98.5	97.1	96.6
	2 mois.....	99.6	99.2	97.6	96.0	94.6	93.5	—

ANALYSE DES SUCRES

Sucre total. — Sa valeur reste constante après un an d'entreposage à 4,5°. Pour les autres températures sa valeur décroît constamment.

Saccharose. — On voit que l'hydrolyse croît suivant la température de stockage, avec un maximum pour certaines concentrations. A 4°5 elle atteint son maximum pour une concentration de 20% en matières solides; à 15°5 le maximum

d'hydrolyse se produit dans le jus à 30% de concentration, et à 27° c'est dans le jus contenant 41% de matières solides qu'elle est la plus forte. Elle diminue ensuite quelles que soient l'augmentation ou la diminution de la concentration.

Le taux d'hydrolyse est naturellement plus élevé dans les jus soumis à une température élevée, et l'hydrolyse y est bien plus rapide, mais le maximum a toujours lieu pour 41% de concentration. C'est ce qu'illustrent le diagramme et le tableau ci-dessous.

TABLEAU V
 Pourcentage d'hydrolyse du saccharose dans les jus d'orange reconstitués

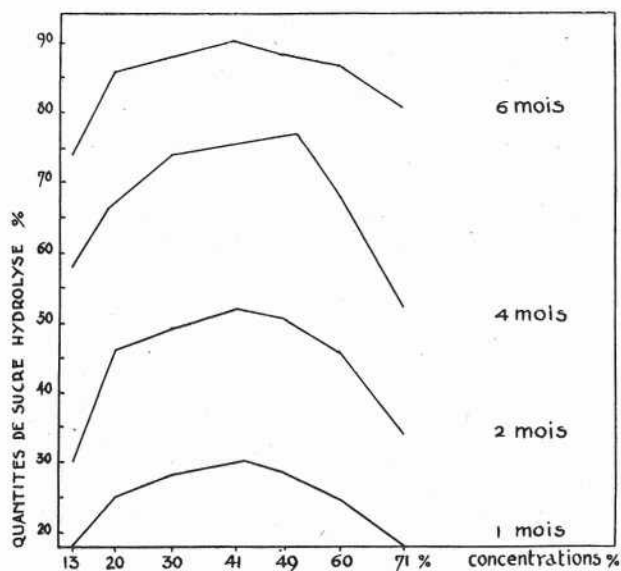
Température en °C	TENEUR EN MATIÈRES SOLUBLES %	13	20	30	41	49	60	71
4°5	3 mois.....	0	1	0	0	0	0	0
	6 mois.....	1	3	1	1	0	1	1
	9 mois.....	1	2	1	0	0	0	0
	12 mois.....	1	3	2	1	1	0	0
15°5	3 mois.....	4	5	4	5	4	3	2
	6 mois.....	6	9	8	8	7	4	2
	9 mois.....	10	13	12	13	11	7	3
	12 mois.....	12	17	17	16	14	10	5
27°	3 mois.....	16	23	24	25	25	21	14
	6 mois.....	30	41	44	46	44	38	25
	9 mois.....	36	51	55	57	57	50	32
	12 mois.....	47	63	65	68	66	58	41
38°	1 mois.....	18	25	28	30	29	25	19
	2 mois.....	30	46	49	52	51	46	34
	4 mois.....	58	67	74	76	77	68	52
	6 mois.....	74	86	88	90	87	81	66
49°	1 semaine.....	22	30	34	37	35	30	25
	2 semaines.....	41	57	63	65	62	56	47
	1 mois.....	72	87	93	94	91	87	73
	2 mois.....	92	98	99	99	98	95	—

Sucres réducteurs. — Dans sa première série d'expériences CURL avait constaté que les jus pasteurisés sont plus riches en sucres réducteurs, que les autres, ce qui serait dû au chauffage des jus. Il constate également une élévation du taux des sucres réducteurs avec la température d'entreposage.

Ces faits sont vérifiés dans sa seconde série d'expérience où CURL constate que les échantillons stockés à 35° présentent la même élévation de sucres réducteurs après 3 mois d'entreposage, que ceux stockés à 27° pendant 13 ou 14 mois. Le phénomène est encore plus marqué pour les boîtes stockées à 49°; le taux de sucres réducteurs serait presque doublé; mais il faut se défier de ce résultat, comme le dit CURL lui-même, car d'autres substances peuvent intervenir dans la réaction.

SAVEUR

Sa détermination est un peu gênée par la présence du benzoate de soude dans certains jus. En partant des chiffres empiriquement fixés au début de cet article, l'auteur la fixe ainsi : peu de changements aux basses températures, changements appréciables seulement à partir de la température de 27° au bout de 3 mois, augmentation avec les concentrations et les températures de stockage.



Courbe de l'hydrolyse du saccharose à 38°C.

TABLEAU VI
Saveur du jus d'orange reconstitué

Température en °C	TENEUR EN MATIÈRES SOLIDES %	13	20	30	41	49	60	71
27°	3 mois.....	1 —	1	1	1 +	2	2 +	3 +
	6 mois.....	1 +	2	2	2	3 —	3	3 +
	9 mois.....	1 +	2	2 +	2 +	3	3 +	4 —
	12 mois.....	2	2 +	3 —	3	3 +	4 —	4
38°	1 mois.....	1	1 +	2 —	2 —	2 —	2	2 +
	2 mois.....	1 +	2	2	2 +	2 +	3	4 —
	4 mois.....	2 +	3 —	3	3	3 +	4 —	4
	6 mois.....	3 —	3	3 +	4 —	4 —	4	4 +
49°	1 semaine.....	1 +	1 +	2 —	2	2 +	3 —	3 +
	2 semaines.....	2	2 +	2 +	3 —	3 —	3	3 +
	1 mois.....	3	3 +	4 —	4 —	4	4 +	4 +
	2 mois.....	4	4 +	4 +	4 +	4 +	4 +	—

CONCLUSIONS

En se basant sur ces résultats d'analyse on peut essayer de déterminer des durées de conservation équivalentes pour les jus de fruits.

Tout d'abord il faut signaler que tous les facteurs précédemment examinés ne sont pas d'égale importance. C'est ainsi que la mesure du vide des boîtes ne donne pas de résultats bien probants, car le développement de la pression peut aussi bien être dû à la fermentation du sucre qu'à une décomposition chimique. Cependant le développement de la pression suit une courbe parallèle à celle de l'hydrolyse du saccharose et ces phénomènes se produisent surtout dans les boîtes contenant des jus très concentrés et placés dans des conditions de température normales. Il ne semble pas que l'hydrolyse du saccharose soit en relation directe avec l'altération des jus, car elle présente un maximum à la température de 38° et dans le jus contenant 41% de matières solides, et n'augmente plus quelle que soit la concentration du jus.

Les trois facteurs les plus intéressants à considérer sont : la diminution de l'acide ascorbique, le brunissement et l'altération de la saveur. Or on voit que l'acide ascorbique se conserve bien dans presque tous les cas jusqu'à une température de 26 à 27° C, il en est de même pour la coloration et pour la saveur.

Il est difficile de trouver une période équivalente de conservation pour les jus conservés à 4°5 et 15°5, car ils ne présentent pas d'altérations bien caractéristiques. Entre 27° et 49° l'altération croît nettement avec les concentrations.

Pour ces dernières températures on peut déterminer des périodes équivalentes de durée de stockage. Dans les conditions envisagées par les expériences on peut dire qu'un changement donné se produit 3 ou 4 fois plus rapidement pour des jus de même concentration à 38° qu'à 27°, et 5 ou 6 fois plus vite dans des jus de même concentration à 49° qu'à 38°.

Les changements s'opèrent 20 fois plus vite à 49° qu'à 27°. C'est dans un jus dont la concentration est de 30% et conservé aux environs de 4°5 C que l'acide ascorbique se conserve le mieux. En aucun cas la température de 15°5 ne doit être dépassée.

S. COUSIN
(I.F.A.C.)

BIBLIOGRAPHIE

- A. L. CURL, E. L. MOORE, M. E. WIEDERHOLD et M. K. VELDHUIS. — Concentrated orange juice storage studies, with particular referene to the development of swells. *Fruit. Prod. J. and Amer. Food. Manuf.*, 1946, vol. 26, p. 101-109 et 121.
- A. L. CURL. — The Effects of degree of concentration and of temperature of storage. *Canner*, Sep. 1947, vol. 105, n° 13, p. 14-16, 38, 40, 42.
- H. J. LOEFFLER. — Processing of orange juice. Effects of storage temperature on quality factors of bottled juice. *Ind Eng. Chem. Ind. ed.* 1941, vol. 33, p. 1308-1314.
- BEATTIE, WHEELER, PEDERSON. — Changes occuring in fruit juice during juice storage. *Food. Research*, 1943, vol. 8, n° 5, p. 395-404.