

TENEUR EN ACIDE ASCORBIQUE DE QUELQUES
ALIMENTS DU SUD-CAMEROUN

Etude critique des différentes méthodes de dosage

(Publié dans la Revue Médecine Tropicale n° 17-2 1957)

par

B. BERGERET

Pharmacien de Troupes de Marine

Licencié es Sciences

N. 19

17 FEV. 1986

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° :

14532

Cpte :

13

I INTRODUCTION

Parmi les nombreux problèmes qui retiennent l'attention du chimiste nutritionniste outre-mer, la teneur en acide ascorbique des aliments frais est l'un des plus importants.

S'il est en effet rare dans une ration d'aliments de conserve de trouver une couverture des besoins en vitamine C, cet apport sera réalisé simplement et à peu de frais par l'addition à cette ration d'une quantité même modérée d'aliments verts.

Si cette possibilité se trouve annulée par suite de l'absence dans des régions particulièrement déshéritées de telles ressources la recherche systématique de l'acide ascorbique dans les rares produits végétaux de ces régions, peut conduire à d'agréables découvertes, tel le fruit du *Detarium Senegalense* qui contient 1000 à 2000 mg d'acide ascorbique pour 100 g comme l'ont montré AUFFRET et TANGUY.

La région forestière du Sud-Cameroun est assez riche en végétaux verts et les carences en acide ascorbique rares.

Il nous a paru cependant intéressant de faire l'inventaire des principaux aliments contenant des teneurs notables en vitamine C ; cet inventaire faisant d'ailleurs ressortir les différences parfois considérables qui existent entre deux aliments voisins, et d'une façon générale la richesse relativement grande, comparée à celle des fruits européens, des produits tropicaux.

II. CHOIX DE LA TECHNIQUE D'ANALYSE

Catalyseur d'oxydo réduction, l'acide ascorbique se présente schématiquement sous trois formes coexistantes :

- l'acide ascorbique :

Sous la forme d'une chaîne aliphatique à structure de sucre en C6, aldéhydique, mono alcool primaire, dialcool secondaire, dialcool tertiaire, et comportant un noyau de condensation entre le radical aldéhyde et un alcool secondaire de la chaîne ; c'est la forme réduite de l'acide ascorbique.

- l'acide déhydroascorbique :

Forme oxydée de l'acide ascorbique, l'oxydation par déshydrogénation entraînant la formation de deux groupes cétoniques à la place des deux groupes alcool tertiaires.

- l'acide déhydroascorbique :

Forme hydratée du précédent par fixation de deux molécules d'eau sur les groupes cétoniques.

Ces trois formes de vitamine C auront des propriétés physico chimiques différentes suivant leur état, et le problème reviendra à les doser en groupe pour avoir une idée du facteur potentiel antiscorbutique d'un aliment donné.

A Méthodes Physiques

I. Méthode spectroscopique

L'acide ascorbique présente un spectre d'absorption en solution aqueuse avec un maximum vers 2650 Å.

Très séduisante dans son principe, cette technique nécessite l'utilisation d'un bon spectrophotomètre, des solutions relativement pures d'acide ascorbique, et une concentration assez élevée pour obtenir des résultats lisibles. En outre dans les milieux biologiques complexes qui sont associés à la vitamine C, de nombreuses causes d'erreur viendront s'ajouter au dosage proprement dit par suite de la présence d'impuretés ayant des propriétés absorbantes notables vers 2650 Å.

2. Méthode polarographique

Basée sur les propriétés oxydoréductrices de la molécule d'acide ascorbique la méthode polarographique exige un matériel coûteux elle ne s'applique qu'aux jus de fruits, les autres extraits de plantes contenant des substances interférantes qui perturbent le dosage.

GILLAM (1) a décrit une technique utilisant un tampon au biphtalate qui semble donner des résultats concordants dans la plupart des extraits végétaux.

B Méthodes chimiques

De nombreuses techniques de dosage de l'acide ascorbique sous ses trois formes ont été décrites, beaucoup font appel aux

propriétés oxydo réductrices de l'acide ascorbique sur des colorants appropriés, d'autres plus spécifiques sont des réactions colorées de la molécule avec des copulateurs choisis.

Nous allons passer brièvement en revue ces diverses techniques afin de choisir la méthode la plus adéquate pour la solution du problème que nous envisageons.

1 - Titration directe à l'iode :

C'est la méthode de KOLTHOFF et SANDELL (2).

Simple dosage iodométrique classique, cette méthode n'est applicable qu'à des produits purs (préparations pharmaceutiques par exemple) et ne dose que l'acide ascorbique réduit.

2 - Titration au bleu de méthylène :

La méthode de MARTINI et BONSIGNORE (3) utilise les propriétés photo réductrices de l'acide ascorbique sur le bleu de méthylène qui est transformé en leuco dérivé et ceci quantitativement.

Excellente méthode clinique par sa rapidité et sa simplicité elle paraît insuffisante en pratique dans le cas de la présence de réductones et parcequ'elle ne touche qu'à l'acide ascorbique réduit.

3 - Technique au 2 - 6 dichloro phénol indophénol :

C'est la méthode originale de Tillmanns (4) modifiée par de nombreux chercheurs.

La méthode de titration directe est sensible à de nombreuses substances réductrices ; de plus basée comme la technique précédente sur les propriétés oxydantes de l'acide ascorbique réduit, elle ne donnera aucun renseignement sur les formes oxydées de ce dernier, à moins de passer par des artifices successifs d'oxydation puis de réduction complète.

4 - Titration électrométrique au 2-6 dichloro phénol indophénol :

La méthode de HARRIS (5) est une variante de la méthode directe le point de virage étant détecté à l'électrotitrimètre.

Cette méthode présente l'avantage sur la précédente, de pouvoir opérer dans les milieux troubles ; les inconvénients seront les mêmes que ceux de la technique directe.

5 - Méthode à l'indophénolxylène :

Méthode de ROBINSON et STOTZ(6).

On opère une décoloration d'un excès de 2-6 dichlorophénol-indophénol par l'acide ascorbique réduit. Mais au lieu de mesurer directement la quantité de colorant réduit, par titrimétrie, on extrait le colorant avec du xylène et on mesure photométriquement l'excès de colorant non réduit.

Une modification intéressante de cette technique a été proposée par GERO (7) qui s'affranchit de tout trouble préjudiciable à une bonne lecture photométrique, en opérant à un pH convenable, et par l'utilisation de l'alcool isoamylique redistillé qui extrait la fraction non réduite du colorant.

L'élimination des réducteurs autres que l'acide ascorbique est obtenue par l'emploi du formol qui bloque les fonctions aldéhydiques et cétoniques, en particulier des diénols et des réducteurs sulfhydrylés (cystéine et glutathion réduit).

Ces bonnes méthodes de dosage ne sont pas encore assez spécifiques et ce n'est en définitive que l'acide ascorbique réduit qui est évalué.

Il existe un procédé de réduction de l'acide déhydroascorbique qui a été décrit par RUBIN (8) et qui donne des extraits, exploitables par les techniques de dosage de l'acide ascorbique réduit précédemment décrites.

Malheureusement, son application nécessite un tube d'hydrogène sulfuré pur, et allonge de quelques heures la durée de l'analyse.

La technique suivante a l'avantage s'affranchir de cette sujétion :

6 - Méthode à la 2-4 dinitro phényl hydrazine :

C'est la méthode décrite par ROE KUETHER (9) ROE OESTERLING (10) MING ROE (11).

Le dérivé que donne la 2-4 dinitro phényl hydrazone de l'acide déhydro ascorbique avec SO_4H_2 à 85 % présente une coloration rouge dont les maximas d'absorption sont à 500-550 m μ et 350-380 m μ . La coloration suit la loi de BEER et est donc photométrable.

L'acide ascorbique ne donne pas cette réaction. Mais son oxydation quantitative sur NORIT le transforme en acide déhydro ascorbique qui réagit sur la 2-4 dinitro phényl hydrazine.

Nous possédons donc là une technique capable de donner successivement les valeurs de l'acide déhydro-ascorbique, de l'acide ascorbique réduit et de l'acide ascorbique total, par une simple oxydation en cours d'analyse.

Il faut d'ailleurs remarquer que la spécificité de cette méthode n'est pas absolue. On a montré que des réactions de coloration comparables pouvaient avoir lieu avec l'acide phényl pyruvique, l'acide 2-3 dicéto gulonique, etc...

Il est évident qu'aucune méthode ne peut prétendre atteindre la perfection. Mais des raisons de spécificité, de rapidité, de polyvalence, nous ont fait préférer cette technique qui sera décrite plus loin.

7 - Méthodes diverses

Nous citerons pour mémoire les méthodes chimiques d'EMMERIE et VAN EEKELEN, DEWJATNIN et DOROSHENKO, FOLKMANN, BUKATSCH, MINDLIN et BUTLER, MORELL LOEFFLER et PONTING, HOCHBERG MELNICK et OSER, LANGOU et MARENZI utilisant la propriété réductrice dans la formation de bleu de MOLYBDENE, FUJITA et EBIHARA utilisant le réactif phospho tungstique de FOLIN, de KOENIG SCHIEFELBUSH et JOHNSON utilisant la réduction du sulfate ferridipyridyl etc ... etc ...

C Méthodes biochimiques

Méthode enzymatique de TAUBER (12).

Basée sur l'oxydation préférentielle de l'acide ascorbique par l'acide ascorbique oxydase.

On a montré que cette méthode n'était malheureusement pas spécifique.

D Méthodes biologiques

Ces méthodes restent des méthodes de référence, applicables pour la critique des autres méthodes de dosage et l'étalonnage des produits types.

Elles sont fort coûteuses, longues et minutieuses et dépassent le cadre de nos possibilités pratiques.

III. DESCRIPTION DE LA TECHNIQUE A LA 2-4 DINITRO PHENYL HYDRAZINE

D'après ROE et collaborateurs (9-10-11).

a) Réactifs

- Solution extractive contenant 5 % acide métaphosphorique
1 % thiourée
- Acide métaphosphorique à 5 %
- Acide acétique glacial
- 2-4 dinitrophényl hydrazine à 2 % dans SO₄H₂ 9N
- Norit lavé : placer 200 g de noir Norit dans un ballon ;
ajouter 1 litre de ClH 10 %. Faire bouillir, filtrer, laver
à l'eau distillée jusqu'à élimination de Fe+++.
Sécher à 110°
- SO₄H₂ 85 %
- Solution de thiourée à 10 % dans l'éthanol aqueux à 10 %.

b) Technique

1° Dosage de l'acide déhydro ascorbique

Broyer la substance à doser avec 50 fois environ son poids d'une solution contenant 5 % d'acide métaphosphorique et 1 % de thiourée. Centrifuger. Prélever 4 cc de filtrat dans 3 tubes à essais (4 cc contenant de 1 à 60% d'acide déhydro-ascorbique).

L'un des tubes constitue le blanc.

A chacun des deux autres, on ajoute 1cc de la solution de 2-4 dinitro phényl hydrazine. On maintient les 3 tubes à 37° pendant 3 heures.

On les place dans un bain de glace, et après refroidissement on ajoute goutte à goutte, à l'acide d'une burette, 5 cc de SO₄H₂ à 85 % ; cette addition doit durer au moins 1 minute ; ne pas graisser le robinet de la burette à cause de l'acide sulfurique. On ajoute ensuite 1 cc de la solution de 2-4 dinitro phényl hydrazine dans le blanc. Les tubes sont agités dans la glace, et on les laisse 30 à 40 minutes à la température ambiante avant d'effectuer la mesure colorimétrique.

Elle s'effectue à l'electrophotomètre de MEUNIER avec le filtre vert et la cuve plate de 1 cm d'épaisseur.

Courbe d'étalonnage

Pour préparer le standard d'acide déhydro ascorbique, on traite une solution de 25 mg d'acide ascorbique dans 25 cc d'acide métaphosphorique à 5 % par I ou II gouttes de brome. On agite jusqu'à ce que la solution se colore en jaune ; on décante dans un flacon à large ouverture pour séparer le brome en excès ; on fait passer un courant d'air à la trompe jusqu'à ce que la solution soit incolore.

On fait des dilutions dans l'acide métaphosphorique à 5 % contenant 1 % de thiourée. On établit la courbe pour des concentrations de 0,25 à 15% par cc soit 1 à 60 % dans la prise d'essai de 4 cc.

On opère suivant le mode indiqué ci-dessus.

2° Dosage de l'acide ascorbique total

(acide ascorbique + acide déhydro ascorbique).

Le tissu est broyé avec de l'acide métaphosphorique à 5 % ; on filtre et centrifuge. L'extrait obtenu est dilué avec de l'acide métaphosphorique et de l'acide acétique glacial, de manière à obtenir une solution finale contenant 5 % d'acide métaphosphorique, et 10 % d'acide acétique.

Cette solution est agitée sur Norit, de manière à oxyder l'acide ascorbique en acide déhydro ascorbique.

On préconise l'emploi de 1 g de Norit pour 50 cc de filtrat ; on agite vigoureusement et on filtre.

On prélève 1 à 4 cc de filtrat suivant la concentration, dans 3 tubes à essais, on ajoute à chaque tube une goutte de solution de thiourée à 10 % ; (la thiourée sert à produire un milieu légèrement réducteur, les oxydants donnant une légère coloration avec la 2-4 dinitro phényl hydrazine et on procède comme en 1.

La teneur du tissu en acide ascorbique réduit est donnée par la différence entre l'acide ascorbique total et l'acide déhydro-ascorbique.

Remarques

Dans la méthode de ROE qui vient d'être décrite, il faut remarquer que la dinitrophényl hydrazone formée est commune à l'acide déhydro-1-ascorbique et à l'acide dicéto-1-gulonique. On ne peut donc en première approximation différencier ces deux corps.

Leur dosage sera possible, après réduction de l'acide déhydro-1-ascorbique par l'hydrogène sulfuré.

Une réoxydation ménagée à l'eau de brome donnera la valeur de l'acide ascorbique total.

ROE MILLS OESTERLING et DAMRON (13) ont décrit une technique détaillée de ce dosage, à laquelle on se reportera avec fruit.

TABLE DES FRUITS ET LEGUMES DU SUD - CAMEROUN

Contenant des quantités notables d'acide ascorbique

Code	Nom Français	Nom Scientifique	Nom Vernaculaire	Mg.p 100 Acide ascorbique
<u>I - Féculents - Fruits - Farineux.</u>				
100	Manioc (racine)	Manihot utilissima	Koe Mbon	30
101	Macabo rouge	Xanthosoma sp.	Makabo	8
102	Taro	Colocasia sp.	"	10
103	Igname	Dioscorea alata	Ekor	4
105	Patate douce	Ipomea Batatas	Mebuda	25
106	Pomme de terre	Solanum Tuberosum	"	12
---	-	Stizolobium deringianum	"	20
121	Bâton de manioc	Manihot Utilissima	Ebobola	2
130	Banane plantain verte	Musa Paradisiaca	Ekon	20
132	Banane douce	Musa Sapientium	Odzoe	11
133	Arbre à pain (fruit)	Artocarpus Communis	Owondo ntanan	30
135	Bush - Butter	Pachylobus Edulis	Sâ	19
<u>2 - Légumineuses - Noix et Graines</u>				
200	Arachide fraîche	Arachis Hypogea	Owondo	5
237	Kola sauvage	?	Onye	20
<u>3 - Légumes verts - Feuilles</u>				
300	Feuille de manioc	Manihot Utilissima	Kie Mbon	285
302	Feuilles de patate	Ipoméa Batatas	Kie Mebuda	33
303	"	Solanum Nodiflorum	Zom	20
305	"	Amaranthus nybridus	Folon	80
306	Feuille de courge	Cucurbita sp.	Kié Ndzen	79
308	Laitue	Lactuca Sativa	" "	12
310	Pousses de maka-bo	Xanthosoma Sagittifolium	" "	82
331	Feuille de Gombo	Hibicus esculentus	Kié Bitetam	72

Code	Nom Français	Nom Scientifique	Nom Vernaculaire	Mg.p 100 Acide ascorbique
<u>3) Légumes verts - Feuilles (suite)</u>				
332	Oseille de Guinée	Hibiscus sp.	Kié Bitetam	65
333	" "	Corchoru sp. Olitorius	Tege	58
340	" "	Gnetum Bucholzanum	Okok	71
---	" "	?	Zom Avoé	106
350	" "	Talinium Triangulare	Boeki	8
353	Poussés de sissongho	Pennisetum Purpureum	Minson	7
370	Courge	Cucurbita sp.	Abog	15
371	Gombo	Hibiscus esculentus	Bitetam	20
372	" "	Solanum Melongena	Zon	10
373	Tomate Cerise	Lycopersicum esculentum	Ngoro	14
390	Oignon	Allium Cepa	Ayan	13
392	Gros piment	Capsicum Annuum	Ondondo	210
393	Petit piment pilipil rouge	Capsicum	"	43
---	" "vert	"	"	57
395	Haricot vert	Phaséolus Vulgaris	Kon	12
<u>4) Fruits</u>				
400	Orange	Citrus Sinensis	Ofumbi	27
401	Mandarine	Citrus Nobilis	"	25
402	Pamplemousse	Citrus Maxima	Ofumbi Bikabeli	30
403	Citron	Citrus Aurantifolia	Ofumbi Beti	35
410	Ananas	Ananas Comosus	Zèk	23
411	Avocat	Persea Americana	Fia	13
412	Barbadine	Passiflora Quadrangularis	Ngontanan	20
414	Corossol	Anona muricata	Ebom	7
415	Goyave	Psidium Guajava	Afele	172
416	Mangue sauvage	Irvingia Gabonensis	Ndok Afan	74
417	Mangue Greffée	Mangifera Indica	"	50
418	Papaye	Carica papaya	Fofu	53
420	Chayotte	Séchium Edule	"	10
442	"	?	Avom	10
449	"	Trychocypha sp.	Mvout	80
452	"	?	Tom	8
<u>8) Oléagineux</u>				
820	Noix de palme	Elaeis Guinéensis	Mimban	10
<u>9) Boissons</u>				
900	Vin de palme frais	Elaeis Guineensis	Meyok Melen	26
	Vin de palme fermenté	"	" "	12

COMMENTAIRES

Tous ces chiffres ont été obtenus à la suite des dosages effectués par la technique à la 2-4 dinitro phényl hydrazine.

L'échantillonnage a été effectué avec soin et les valeurs fournies sont des moyennes statistiques obtenues à partir d'une dizaine d'échantillons. On peut remarquer que ce chiffre de dix échantillons est faible ; il n'a pas toujours été possible d'en recueillir davantage surtout lorsqu'il s'agissait de fruits de brousse apportés par des enfants.

Pour les fruits et légumes universellement connus, il a été possible de comparer les résultats obtenus avec les chiffres donnés par les tables de composition des aliments (minéraux et vitamines) éditées par la F.A.O.

Souvent ces chiffres se sont révélés concordants à $\pm 10\%$ près, et ont permis de suivre au cours de ce travail, la valeur de la méthode.

Le commentaire qui va suivre est fait en fonction des données existantes dans la table F.A.O.

1°) Le groupe des féculents et farineux ne se distingue pas par une richesse particulière en vitamine C.

On notera cependant l'apport relativement élevé réalisé par le manioc et la patate douce dont respectivement 250 g pour le manioc et 300 g pour la patate douce seraient susceptibles d'assurer la couverture du besoin vitaminique C de l'homme adulte.

Il faut remarquer cependant que ces deux tubercules sont cuits longuement dans la préparation des plats coutumiers et que cette cuisson à la lumière est un facteur d'oxydation et de photo destruction non négligeable.

La même remarque pourra s'appliquer à la banane plantain et au bush butter.

2°) Le groupe des légumineuses noix et graines est en général très pauvre en vitamine C.

On notera la richesse relative de la kola sauvage qui contient 20 mg d'acide ascorbique pour 100 g.

Mais cet aliment n'étant consommé qu'à petite dose l'apport ainsi réalisé est insignifiant.

3°) Beaucoup plus intéressants sont les groupes des légumes verts, feuilles et fruits frais.

Si les premiers sont en général consommés après cuisson ce qui leur enlève une partie de leurs propriétés, les seconds sont consommés en nature, au hasard des rencontres de brousse et sans aucune dénaturation, facteur d'appauvrissement en vitamine C.

Parmi les feuilles, la feuille de manioc est un aliment très riche en acide ascorbique : 285 mg pour 100 g d'aliment frais.

25 g de feuilles fraîches sont susceptibles de couvrir les besoins vitaminiques normaux.

La feuille de manioc entre dans la composition d'un plat cuisiné particulier, le Kpem.

Ce dernier est essentiellement un plat de feuilles de manioc cuites pendant deux heures avec des condiments variés : piment, esuk, zom, olom.

Malgré ce temps de cuisson prolongé, l'addition d'eau et d'autres ingrédients qui viennent diminuer la teneur en acide ascorbique initiale de la feuille de manioc, le "kpem" contient encore, au moment de sa consommation, 76 mg d'acide ascorbique pour 100 g d'aliment, soit plus du quart de la teneur de la feuille de manioc en vitamine C et dont 100 g couvrent le besoin quotidien de vitamine C.

Le Kpem est de plus un aliment de base consommé fréquemment et si l'on ajoute qu'en pays de forêt chaque individu en absorbe une centaine de grammes par jour, la conclusion devient évidente.

On remarquera la teneur élevée de feuilles telles que la feuille de patate, de zom, de folon, de courge, de makabo, de gombo d'oseille de Guinée, de tege, d'okok, de zom avoé, qui sans être aussi riches que la feuille de manioc n'en constituent pas moins des sources de Vitamine C intéressantes.

On remarquera également que la petite tomate cerise du Cameroun est peu riche : 14 mg pour 100 g.

Les tables internationales donnent une valeur de 48 mg, trois fois plus élevée.

Le piment dont on connaît la richesse, n'est que peu intéressant, car les quantités consommées quotidiennement sont faibles.

Les fruits du Sud-Cameroun sont relativement abondants ; le climat humide, et les hauteurs de pluie favorisent la fructification périodique, généralement bisannuelle.

A côté des fruits tropicaux bien connus, on trouve couramment des baies comestibles qui contiennent des quantités importantes de vitamine C.

Le groupe des agrumes est représenté par quatre espèces principales :

- Oranges
- mandarines
- pamplemousses
- citrons.

Les teneurs en acide ascorbique de ces quatre fruits sont en général plus faibles que celles des fruits européens correspondants.

Suivant les espèces on trouvera 15 à 50 % de réduction sur les chiffres internationaux.

La mangue sauvage, la mangue greffée, la papaye, le mvout, ont tous des teneurs qui dépassent 50 mg pour 100 g de fruit frais.

Une mention spéciale doit être accordée à la goyave. Ce petit fruit remarquable contient 172 mg d'acide ascorbique pour 100g. Il se trouve ainsi être en fonction des conditions de sa cueillette et la valeur de sa consommation, l'aliment antiscorbutique de choix.

Les tables internationales donnent 160 mg pour la goyave ; le fruit du Cameroun a donc une richesse équivalente aux moyennes mondiales.

4°) Le groupe des boissons naturelles est représenté presque uniquement par le vin de palme.

Des dosages ont été effectués sur le vin de palme frais, stabilisé par un antiseptique pour éviter un début de fermentation entre la récolte et l'analyse, et sur un échantillon de breuvage fermenté 12 heures après la récolte.

Le vin de palme stabilisé contient 26 mg d'acide ascorbique contre 12 après fermentation.

Si l'on tient compte des quantités élevées qui peuvent être consommées par chaque individu, c'est encore un apport non négligeable qui est ainsi réalisé.

C O N C L U S I O N S

Cette note rapide sur la teneur en acide ascorbique des aliments du Sud-Cameroun, a permis le choix d'une technique de dosage à peu près universelle pouvant s'appliquer sans précautions particulière à tous les types d'aliments rencontrés.

On s'est efforcé de montrer sur quelles bases un chercheur isolé pourvu d'un laboratoire modestement outillé pouvait s'appuyer pour le choix de la méthode, par la revue et la discussion des principales techniques qui ont été décrites.

Les principaux résultats obtenus ont été exposés et un commentaire succinct de ces résultats a montré l'intérêt de certains aliments très répandus du Cameroun pour leurs propriétés antiscorbutique.

Il est évident que toute méthode est perfectible. Celle qui est recommandée ici n'est pas parfaite, mais les résultats obtenus ne semblent pas en contradiction avec les principales données existant à l'heure actuelle.

Dans un prochain stade, nous nous efforcerons de faire ressortir les différences qui existent entre les aliments frais tels qu'ils sont récoltés et proposés sur le marché de brousse, et leurs principales préparations sur la table du consommateur africain.

B I B L I O G R A P H I E

- 1 GILLAM W.S. : Ind. Eng. Cem. Anal. Ed. 17 217 1945
- 2 KOLTHOFF et SANDELL : Textbook of quantitative inorganic
analysis the Mac Millan Co N.Y.
1936 p 584-596
- 3 MARTINI et BONSIGNORE : Biochem. Z. 273 170 1934
Boll. Soc. Ital. Biol. Sper. 9 388 1934
- 4 TILLMANNNS : Z. Untersuch. Lebensm. 54 33 1927
- 5 HARRIS MAPSON et WANG : Biochem. J. 36 183 1942
- 6 ROBINSON et STOTZ : J. Biol. Chem. 160 217 1945
- 7 GERO : Bull. Soc. Ch. Biol. T XXX1 n° 3-4 49 825-838
- 8 RUBIN JOHNS BAUERNFEIND : Fruit Products J. 24 327 1945
- 9 ROE KUETHER : J. Biol. Chem. 1943 147 399
- 10 ROE OESTERLING : J. Biol. Chem. 1944 152 511
- 11 MING ROE : J. Biol. Chem. 1947 170 159
- 12 TAUBER et KLEINER : J. Biol. Chem. 110 559 1935
- 13 ROE MILLS OESTERLING et DAMRON : J. Biol. Chem. 1948 174 201.