

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS E AGRÍCOLA

EFEITO DO AQUECIMENTO PROLONGADO SÔBRE

DIVERSOS ÓLEOS VEGETAIS COMESTÍVEIS

EMPREGADOS EM FRITURA

José Pio Nery

Engenheiro Agrônomo

ORIENTADORA:

Dra. Sonia V. Quast

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, para obtenção do título de Doutor em Ciências de Alimentos.

ÍNDICE

| | página |
|---|--------|
| RESUMO | i |
| SUMMARY | ii |
| I - INTRODUÇÃO | 1 |
| II - REVISÃO DA LITERATURA | 3 |
| III - MATERIAL E MÉTODOS | 22 |
| IV - OBSERVAÇÕES GERAIS DURANTE O EXPERIMENTO | 31 |
| V - RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO | 32 |
| VI - INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS | 35 |
| VII - CONCLUSÕES | 37 |
| VIII - QUADROS | 48 |
| IX - GRÁFICOS | 85 |
| X - BIBLIOGRAFIA | 94 |
| AGRADECIMENTOS | 101 |

ÍNDICE DE QUADROS E GRÁFICOS

| | | página |
|---------------|---|--------|
| QUADRO I | ÓLEO DE ALGODÃO | 49 |
| QUADRO II | ÓLEO DE AMENDOIM | 50 |
| QUADRO III | ÓLEO DE ARROZ | 51 |
| QUADRO IV | ÓLEO DE MILHO | 52 |
| QUADRO V | ÓLEO DE SOJA | 53 |
| QUADRO VI | ÍNDICE DE REFRAÇÃO A 25°C | 54 |
| QUADRO VII | ÁCIDOS GRAXOS LIVRES % | 55 |
| QUADRO VIII | ÍNDICE DE PERÓXIDOS (meq/kg) | 56 |
| QUADRO IX | ÍNDICE DE IODO (g.I ₂ /100g) | 57 |
| QUADRO X | ÍNDICE DE SAPONIFICAÇÃO | 58 |
| QUADRO XI | PÊSO MOLECULAR MÉDIO DO ÓLEO | 59 |
| QUADRO XII | VTSCOSIDADE* | 60 |
| QUADRO XIII | ABSORBÂNCIA A 500 nm (CÔR) | 61 |
| QUADRO XIV | ÓLEO DE ALGODÃO | 62 |
| QUADRO XV | ÓLEO DE AMENDOIM | 63 |
| QUADRO XVI | ÓLEO DE ARROZ | 64 |
| QUADRO XVII | ÓLEO DE MILHO | 65 |
| QUADRO XVIII | ÓLEO DE SOJA | 66 |
| QUADRO XIX | ÓLEO DE ALGODÃO | 67 |
| QUADRO XX | ÓLEO DE AMENDOIM | 68 |
| QUADRO XXI | ÓLEO DE ARROZ | 69 |
| QUADRO XXII | ÓLEO DE MILHO | 70 |
| QUADRO XXIII | ÓLEO DE SOJA | 71 |
| QUADRO XXIV | ÓLEO DE ALGODÃO | 72 |
| QUADRO XXV | ÓLEO DE AMENDOIM | 73 |
| QUADRO XXVI | ÓLEO DE ARROZ | 74 |
| QUADRO XXVII | ÓLEO DE MILHO | 75 |
| QUADRO XXVIII | ÓLEO DE SOJA | 76 |

| | | |
|---------------|--|----|
| QUADRO XXIX | ÍNDICE DE REFRAÇÃO A 25°C | 77 |
| QUADRO XXX | ÁCIDOS GRAXOS LIVRES | 78 |
| QUADRO XXXI | ÍNDICE DE PERÓXIDOS-meq/kg | 79 |
| QUADRO XXXII | ÍNDICE DE IODO (gI ₂ /100g) | 80 |
| QUADRO XXXIII | ÍNDICE DE SAPONIFICAÇÃO | 81 |
| QUADRO XXXIV | PÊSO MOLECULAR MÉDIO DO ÓLEO | 82 |
| QUADRO XXXV | VISCOSIDADE | 83 |
| QUADRO XXXVI | ABSORBÂNCIA A 500 nm | 84 |
| | | |
| GRÁFICO 1 | ÍNDICE DE REFRAÇÃO | 86 |
| GRÁFICO 2 | ÁCIDOS GRAXOS LIVRES | 87 |
| GRÁFICO 3 | ÍNDICE DE PERÓXIDOS | 88 |
| GRÁFICO 4 | ÍNDICE DE IODO | 89 |
| GRÁFICO 5 | ÍNDICE DE SAPONIFICAÇÃO | 90 |
| GRÁFICO 6 | PÊSO MOLECULAR MÉDIO DO ÓLEO | 91 |
| GRÁFICO 7 | VISCOSIDADE | 92 |
| GRÁFICO 8 | ABSORBÂNCIA A 500 nm (CÔR) | 93 |

RESUMO

O autor efetuou estudo das transformações que ocorrem com os óleos de algodão, amendoim, arroz, milho e soja do comércio quando submetidos a aquecimento prolongado (até 168 horas) visando a eleição dos mais apropriados para fins de fritura.

Baseado em resultados de análises físicas e químicas e de interpretação estatística concluiu que os mais apropriados são os óleos de algodão e de arroz indistintamente, seguidos pelo óleo de amendoim. Os óleos de soja e de milho, principalmente o último, são os menos indicados à finalidade proposta pela facilidade com que se oxidam e polimerizam.

O total de pontos negativos alcançados pelos óleos estudados foi:

| | | |
|------------------|-------|------------------------|
| Óleo de algodão | _____ | 48,45 pontos negativos |
| Óleo de arroz | _____ | 48,65 pontos negativos |
| Óleo de amendoim | _____ | 52,90 pontos negativos |
| Óleo de soja | _____ | 61,06 pontos negativos |
| Óleo de milho | _____ | 74,87 pontos negativos |

SUMMARY

A study of changes occurring in five commercial edible oils such as cottonseed, peanut, rice bran, corn and soybean oils on prolonged heating was carried out with the purpose of selecting the most appropriate ones for deep-frying.

On the basis of physical and chemical analysis and statistical treatment it was concluded the cottonseed and rice bran oils are the most appropriate ones, followed by peanut oil. Soybean and commercial corn oil are less indicated because of their facility of being oxidized and polymerized.

The total of negative points attained by the oils were:

| | | |
|----------------|-------|-----------------------|
| Cottonseed oil | ————— | 48,45 negative points |
| Rice bran oil | ————— | 48,65 negative points |
| Peanut oil | ————— | 52,90 negative points |
| Soybean oil | ————— | 61,06 negative points |
| Corn oil | ————— | 74,87 negative points |

I - INTRODUÇÃO

É intensa, no Brasil, a utilização dos principais óleos comestíveis na fritura comercial de, principalmente, batata e pastel. Dentre os óleos utilizados se encontram, por existirem em grande quantidade, os óleos de algodão, amendoim, arroz, milho e soja, que são empregados mais em razão de preço do que da sua propriedade para suportar as condições predominantes na fritura, ou sejam as de temperatura elevada durante longo espaço de tempo. Como é sabido, alguns tipos de óleos autoxidam e polimerizam com maior facilidade que outros, apresentando após algum tempo de uso cheiro e sabor desagradáveis, bem como formação de compostos prejudiciais à saúde. A literatura sobre este tema é vasta, como veremos mais adiante em "Revisão da Literatura".

Alguns estudiosos do assunto (58) recomendam, para fins de fritura, óleos que apresentam ponto de fumaça elevado, baseados no fato de que o ponto de fumaça é sinal característico de início de decomposição dos glicérides. Outros dão preferência aos óleos cujos glicérides apresentem menor teor de ácidos graxos poli-insaturados, que, segundo afirmam, são os ácidos graxos de mais fácil oxidação e polimerização. O que não encontramos, em nossa literatura, foi trabalho que abordasse o assunto no que se refere aos principais óleos existentes em nosso mercado. Na literatura estrangeira existem vários trabalhos sobre o assunto, alguns deles incluindo um ou outro óleo constante do nosso trabalho, mas em condições e finalidades completamente diferentes. A maioria desses trabalhos tratam principalmente da decomposição térmica de ésteres puros dos ácidos graxos insaturados, bem como dos produtos formados.

A finalidade, portanto, do presente trabalho é a de estudar - o grau de oxidação e o grau de polimerização dos nossos principais óleos comestíveis quando aplicados à fritura, visando a eleição do mais ou dos mais apropriados à finalidade. Procurou-se estudar, também, o efeito da adição de batata ao - óleo, procurando reproduzir, em escala de laboratório o que acontece na prática, ou seja, a permanência de resíduos após a retirada da batata frita.

II - REVISÃO DA LITERATURA

ARYA et al (3) autoxidaram diversos óleos a 100°C com exposição à luz solar, luz fluorescente, etc. Observaram que as alterações no índice de refração e no índice de peróxidos mostraram que o índice de refração indica, com mais precisão, o término do período de indução do que o índice de peróxidos.

GADDIS et al (11) estudaram a distribuição dos carbonilos voláteis e não voláteis em banha de porco oxidada e acharam que a maior parte delas são não voláteis e combinados. Acharam, também, que uma grande parte dos carbonilos não existe originalmente como tais na gordura oxidada. Eles são produzidos, aparentemente, através de precursores. Salientaram a necessidade de método exequível para isolamento e determinação do carbonilo total livre.

HARTMAN et al (16) trabalhando com óleos de amendoim, soja, babaçu e com banha de porco de primeira qualidade, concluíram que os limites mínimos de detecção de ácidos graxos livres em óleos e gorduras comestíveis eram de 0,1% para o óleo de babaçu e 3% para a banha de porco. Concluíram, também, que os ácidos graxos livres afetavam consideravelmente a estabilidade dos óleos e gorduras causando redução no período de indução e provocando o abaixamento do ponto de fumaça.

HIRANO e outros (19) estudaram o efeito da adição de hemoglobina, mioglobina e hidroxihemina (catalizadores) sobre a oxidação de gorduras, bem como de sais de Mn e Co como inibidores da catalização.

JARVI e outros (21) estudaram o desenvolvimento da rancidez em óleo de soja, aquecido a 60°C por meio de cromatografia de

gás, índice de peróxidos e análise sensorial. Ficou demonstrado haver correlação altamente significativa, positiva, entre os três métodos.

KANEDA et al (24) publicaram, em japonês, trabalho que faz referência a 79 compostos tóxicos formados durante a autoxidação e o tratamento térmico de óleos e gorduras, bem como discutem o mecanismo de sua toxidez nos sistemas biológicos.

KAWAHARA et al (26) estudando produtos voláteis de clivagem do linoleato de metila autoxidado identificaram acetaldeído, propionaldeído, a-pentenal e, talvez, hexeno-3-dial 1,6.

KHATTAB e outros (27) trabalharam com óleos de algodão, amendoim, gergelim e com manteiga, aquecidos a 195°C durante 3 horas, analisando quimicamente as amostras com 0, 1, 2 e 3 horas de aquecimento. Concluíram que a estabilidade daquelas gorduras não estavam correlacionadas com a relação entre C18:2 e C18:1, nem com o grau de insaturação das mesmas.

KILGORE e outro (28) trabalharam com óleo de algodão e banha de porco na fritura de frango e batata, com aquecimento por 5 e 10 horas. Mostraram, por cromatografia de gás que o teor de ácido linoleico do óleo de algodão tinha baixado de 57 para 49% após 10 horas de fritura tanto de frango como de batata. O teor de ácido linoleico não se modificou na banha com fritura de frango mas baixou de 11,3 para 5,8% com fritura de batata durante 10 horas.

KNIGHT e outro (29) estudando reações de substâncias graxas com o oxigênio, indicaram técnicas para determinação dos grupos funcionais quando estão presentes os grupos peróxido e oxirana.

KNIGHT e outros (30) observaram que a maior parte dos peróxi-

dos produzidos durante a autoxidação do oleato de metila são trans e não peróxidos de oleato de metila.

KNIGHT e outros (31) trabalharam com oleato de metila irradiado com luz ultra-violeta e autoxidado às temperaturas de 35,70 e 100°C durante 2.000, 264 e 168 horas, respectivamente. Concluíram, pelos resultados obtidos, que as reações são extremamente complexas.

KRISHNAMURTHY e outros (33) observaram que o óleo empregado pela fritura (de bolas de algodão embebidas com água) diferiu consideravelmente do mesmo óleo aquecido continuamente. O último apresentou cor mais escura, alta viscosidade, maior formação de espuma e apresentou teor de ácidos graxos livres mais baixo. Foi efetuada cromatografia de gás das frações acídicas e não acídicas de ambas amostras.

LIME (36) trabalhou com salada de abacate liofilizada, armazenada a 100°F (±39°C) e a 68°F (20°C), no ambiente e no vácuo. A análise dos lipídeos e dos carotenos mostrou não ter havido de crescimo significativo na concentração dos ácidos graxos insaturados até 48 horas de armazenamento. O teor de caroteno, entretanto, diminuiu rapidamente no produto embalado à atmosfera ambiente.

LINDBERG e outros (37) trabalhando com linoleato de metila, observaram que a maior parte dos produtos de oxidação são monohidroperóxidos monoméricos conjugados.

MORRISON e outros (41) compararam óleos de semente de girassol com um óleo do comércio na fritura de batata durante 6 dias de 8 horas, determinando o grau de oxidação pelo método do oxigênio ativo. Chegaram a conclusão de que o óleo parcialmente hidrogenado do Norte foi o menos suscetível de oxidação.

PERKINS (44) trabalhou com óleo de milho e estudou, principalmente, índice de iodo, peso molecular, ácidos conjugados e não conjugados, bem como crescimento de animais. Terminado o trabalho não pôde afirmar se um determinado ácido insaturado é suficientemente deteriorado no processamento e operação comercial de fritura afim de que seja tóxico. Os dados obtidos foram, entretanto, suficientes para justificar a suspeita de que o uso de tais óleos, ricos em polímeros, são impróprios - do ponto de vista nutricional.

PERKINS e outros (45) estudaram os efeitos dos processos de fritura na formação de produtos poliméricos e oxidados, sob condições práticas. Foram efetuadas experiências que determinaram o efeito do aquecimento contínuo, quantidade de óleo renovada, aquecimento intermitente, adição de vapor de água e fritura em bastante óleo. Os resultados obtidos indicaram que a quantidade de material polimérico formada aumentou regularmente com o tempo de aquecimento. A substituição intensa do óleo usado pode não aumentar a vida útil de uma gordura quando a substituição diária é pequena. O aquecimento intermitente da gordura, com ciclos de resfriamento, aumentou o grau de deterioração do óleo de algodão. O ato de fritar um produto alimentício como, por exemplo, a batata, ou a simples adição de água ao óleo quente exerce um efeito deteriorativo intenso sobre o óleo de algodão aquecido.

PRIVETT e outros (47) demonstraram no seu trabalho, a utilidade do processo de extração em contra corrente na separação das frações oxidada e não oxidada de ésteres de ácidos graxos.

PRIVETT e outros (49) autoxidaram o linoleato de metila a 0°C, de 600 a 760 meg/kg, efetuando análises químicas, análise espectral e destilação. Concluíram que 60% dos produtos formados consistiam de isômeros cis-trans, conjugados.

ROCK e outro (50) aqueceram banha de porco parcialmente hidrogenada, adicionada de antioxidantes, ao ar e em atmosfera inerte. Na última não houve modificação considerável mesmo após 48 horas de aquecimento a 375°F (190°C), mas na primeira as mudanças foram radicais, observadas pela viscosidade, acidez titulável, índice de iodo e porcentagem de absorção da dordura por "doughnuts". As intensidades das mudanças foram proporcionais às superfícies expostas ao ar.

ROCK e outro (51), trabalhando com óleos de fritura do comércio, estudaram a variação oxidativa dos mesmos devida ao aquecimento. O grau de oxidação foi avaliado pela quantidade de NAFA (non urea adducting fatty acids) formada, e pela viscosidade. Foi encontrada correlação altamente significativa, positiva, entre as duas determinações.

SAHASRABUDHE e outro (52) descreveram método para isolamento de produtos polimerizados em gorduras para fritura como fração de uréia não incluída (NAF). Analizaram gorduras empregadas em operações industriais de fritura e gorduras extraídas de produtos e concluíram que a quantidade de NAF parece estar correlacionada positivamente com a duração do aquecimento. Óleos aquecidos a 200°C durante 24 horas produziram 15-18% de NAF tendo peso molecular de 500 a 550. Algumas gorduras extraídas de alimentos fritos apresentaram até 2,5% de ácidos graxos polimerizados.

SAHASRABUDHE e outro (53) aqueceram óleo ao ar a 200°C e separaram oito frações em coluna de ácido salicílico. Nas primeiras quatro frações (52% aproximadamente do óleo original) encontraram triglicérides não modificados. As quatro restantes eram constituídas de produtos poliméricos e degradados, de alto peso molecular. A trilinoleína passou de 17,7% para 6,7%. Nas frações poliméricas saponificadas pareceu haver presença de

ramificação nas cadeias de ácidos graxos insaturados, bem como presença de hidroxí-ácidos.

SWIFT et al (55) estudaram a decomposição do hidroperóxido do oleato de metila e concluíram que uma das reações é a de fissão para a formação de compostos carbonílicos alfa e beta insaturados, um dos quais é o 2-undecenal.

THOMPSON e outros (57) trabalharam com óleos de fritura do comércio e concluíram que seu grau de deterioração é independente do seu grau de insaturação, mas depende do grau de severidade com que são usados. Foi observado aumento de viscosidade, cor, ácidos graxos livres, índice de peróxidos e de "ésteres que não incluem uréia" na oxidação. Houve decréscimo no índice de iodo e no teor de ácidos graxos insaturados e, finalmente WEISSER e outro (61) apresentaram descrição de aparelho que permite medir a quantidade de oxigênio absorvido nos primeiros estágios de oxidação de óleos vegetais, correlacionando os dados com o índice de peróxidos. Determinaram a densidade pela duração da oscilação de um tubo cheio com óleo a ser estudado. Estabeleceram as equações que reúnem os índices de peróxido com as diferenças de densidade entre o óleo original e o óleo oxidado para os óleos de soja e girassol.

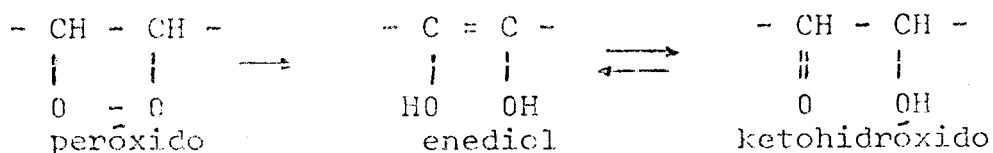
Tendo em vista que, em nosso trabalho, os dois fenômenos mais marcantes são a oxidação (auto-oxidação) e a polimerização dos glicérides dos óleos ensaiados, permitimo-nos transcrever alguns tópicos do livro de GUNSTONE (13) sobre o assunto, visando dar uma idéia, entre as muitas existentes, do seu mecanismo.

1. OXIDAÇÃO PELO OXIGÊNIO ATMOSFÉRICO (AUTOXIDAÇÃO)

A oxidação pelo oxigênio atmosférico, conhecida como auto-oxidação, é de grande importância no desenvolvimento da rancidez

nos óleos e gorduras comestíveis e vários procedimentos têm sido empregados com o fim de retardá-la. As reações que se processam são bastante complexas e, à medida que a auto-oxidação progride, são formados compostos peroxídicos capazes de liberar iodo do iodeto de potássio e acarretar diminuição no grau de insaturação dos ácidos graxos componentes dos glicérides. Após um período de tempo longo, uma grande variedade de produtos pode ser encontrada, tais como: peróxi - glicérides, oxi - glicérides, hidróxi - glicérides, keto - glicérides, peróxido de hidrogênio, dióxido de carbono, monóxido de carbono, ácidos di-carboxílicos, acroleína (aldeído acrílico) epihidrina (aldeído) aldeídos ou ácidos glicéricos, série completa dos ácidos e aldeídos monobásicos alifáticos voláteis (de fórmico a nonóico), etc. Dentre os aldeídos formados merecem citação o hexanal, o heptanal e o nonanal, por serem responsáveis pelo cheiro e gosto de gordura rançosa.

As teorias antigas do mecanismo de oxidação das gorduras eram baseadas principalmente na estrutura dos produtos isolados e na hipótese razoável, mas atualmente sabida ser incorreta, de que a reação principal ocorria entre o oxigênio e os centros de insaturação. Assim é que BACH (1897) e ENGLER (1897-1900), independentemente um do outro, sugeriram que a primeira reação ocorria entre o oxigênio molecular e uma ligação etilênica com a formação de peróxido $\left(\begin{array}{cc} - \text{CH} - \text{CH} - \\ | \quad | \\ \text{O} \quad \text{O} \end{array} \right)$ que, como o peróxido de hidrogênio era capaz de oxidar outros compostos. Esta hipótese foi aceita até 1942 a despeito do fato de que a evidência desta estrutura era apenas indireta, porquanto é até possível que, sob certas condições essa reação possa ocorrer. FAHRION (1909), ELLIS (1932) e MORRELL (1931) aventaram a hipótese de que o grupo peróxido inicialmente formado sofresse rearranjo intramolecular a um sistema enediol-ketohidróxido



Em 1909, FOKIN sugeriu que o primeiro passo na auto-oxidação seria a produção de um epóxido $\begin{array}{c} -CH - CH- \\ \quad \quad \quad \diagdown \quad / \\ \quad \quad \quad \quad \quad O \end{array}$, o que não foi bem aceito apesar de que tais compostos são indubitavelmente formados durante a oxidação. Finalmente, STANDINGER (1925) levantou a hipótese de que o grupo molóxido $\begin{array}{c} -CH - CH- \\ \quad \quad \quad \diagdown \quad / \\ \quad \quad \quad \quad \quad O \\ \quad \quad \quad \quad \quad \downarrow \\ \quad \quad \quad \quad \quad O \end{array}$ seria o primeiro produto da reação, o qual, posteriormente, sofria rearranjo a peróxido.

Veremos, a seguir, o que acontece quando alguns ésteres puros são oxidados.

2. AUTO-OXIDAÇÃO DE ALGUNS ÉSTERES INSATURADOS

a) Oleato de metila. O oleato de metila puro reage muito vagarosamente com o O_2 , à temperatura ambiente, sendo que a velocidade da reação aumenta pela elevação da temperatura, pela adição de catalizador ou por irradiação com luz ultra-violeta.

Após um período de indução, cuja duração depende das condições experimentais e da pureza do oleato, o índice de peróxidos aumenta até um máximo e depois diminui. A medida que o índice de peróxidos aumenta, o índice de iodo diminui, vagarosamente a princípio e mais rapidamente depois.

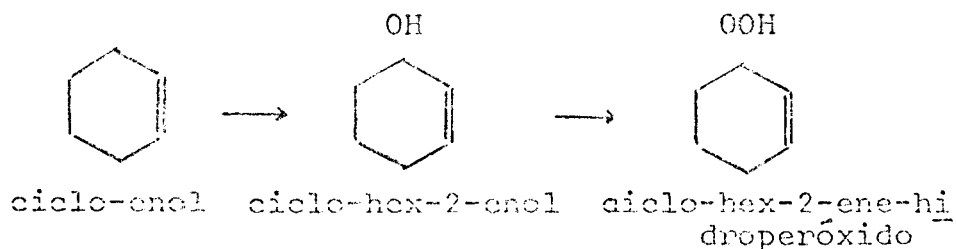
Alguns pesquisadores, trabalhando em diferentes condições, isolaram ácidos di-hidroxiestêricos, ácido epoxi-esteárico, ácido monohidróxi-esteárico, bem como os ácidos nonanóico, octanóico, aselaíco, subérico e oxálico e, também, produtos poliméricos. De grande interesse é o fato de se ter isolado o metil - hydroperóxido - octadecenoato em grande estado de pureza. Este

produto é uma mistura de isômeros posicionais cuja composição não foi perfeitamente determinada apesar de se saber que contém uma proporção muito elevada de trans-isômeros.

b) Linoleato de metila. O linoleato de metila reage muito mais rapidamente que o oleato (12 vezes mais rapidamente). O índice de peróxidos também sobe até um máximo e depois cai, enquanto que o índice de iodo decresce lentamente a princípio e depois mais rapidamente. O hidroperóxido do linoleato também foi isolado em alto grau de pureza; ele é no mínimo 90% conjugado e é uma mistura de isômeros cis-trans quando a reação se passa a 0°C; nas temperaturas mais altas encontram-se quantidades apreciáveis de dienos trans-trans, formados provavelmente pela isomerização das formas cis-trans menos estáveis.

c) Linolenato de metila. O linolenato de metila se auto-oxida com uma rapidez duas vezes maior que o linoleato, com período de indução pequeno ou nulo. O principal produto formado é o hidroperóxido octadecatritrienoato de metila que encerra um sistema dieno cis-trans-conjugado. A polimerização se torna mais evidente nesta reação.

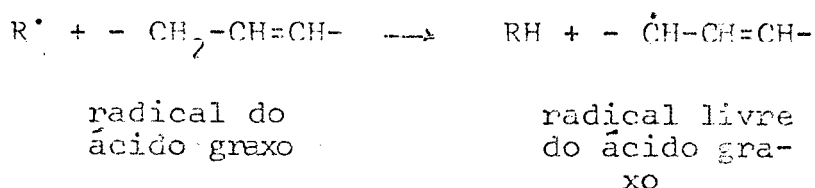
As novas teorias do mecanismo da auto-oxidação das gorduras são baseadas na formação de grupos denominados hidroperóxidos, sugerida por CRIEGEE (1939). Este autor para explicar sua teoria, baseou-se no fato de que o ciclo-hexeno pode ser reduzido a ciclo-hex-2-enol que contém um átomo de hidrogênio ativo e que absorve um mol de bromo. O ciclo-hex-2-enol, por oxidação passaria a ciclo-hex-2-ene-hidroperóxido:



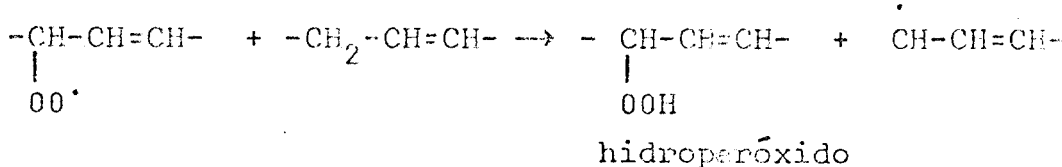
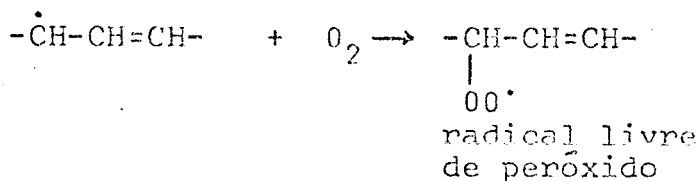
A reação com o oxigênio tem lugar no grupo CH_2 adjacente à dú plice liga. Este fato foi confirmado por FARMER e seus colaboradores, os quais demonstraram que os produtos primários da auto-oxidação dos ácidos ou ésteres graxos insaturados não conjugados são hidroperóxidos nos quais as dúplices ligas permanecem intactas. Esta teoria é aceita, atualmente, como correta, apesar de que outras reações possam ocorrer sob certas circunstâncias, como, p.ex. à temperaturas mais altas.

A formação de hidroperóxidos é uma reação em cadeia envolvendo radicais livres e que, por conveniência, costuma ser representada como realizada em três estágios: início, propagação e término da cadeia, como se segue:

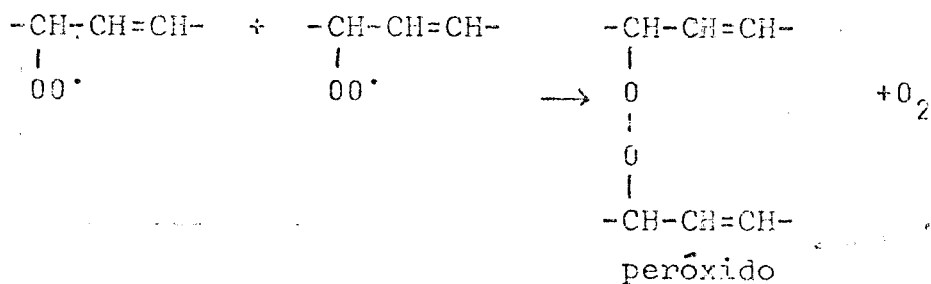
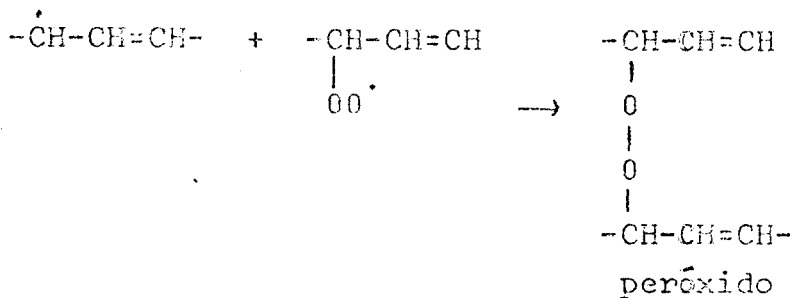
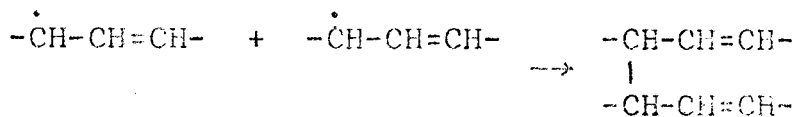
Início da cadeia:



Propagação da cadeia:



Término da cadeia:



O radical livre R[•] pode ser proveniente de:

- a) um catalizador, como p.ex. o peróxido de benzoila;
- b) oxigênio fotoquimicamente ativado;
- c) ataque direto do oxigênio sobre o sistema mais reativo do 1,4-pentadieno;
- d) radicais livres resultantes da quebra secundária dos hidroperóxidos.

O caso acima citado é o caso geral, variando um pouco segundo se trate de auto-oxidação de um oleato (uma dúplici liga) ou de um linoleato (duas dúplici ligas).

No caso do oleato, cada um dos dois grupos metilênicos (C_8 e C_{11}) podem ser atacados, resultando na formação de quatro hidroperóxidos, em dois dos quais a dúplice liga sofreu mudança de sua posição original. No caso do linoleato (duas dúlices ligas), o grupo metilênico (C_{11}) é ativado pelos dois grupos etilênicos adjacentes, o que o torna mais reativo que no caso do oleato, e é responsável pela alta produção de produtos conjugados (90%), por serem mais estáveis que os não conjugados. Então, o que observamos é que durante a auto-oxidação tanto de oleatos como de linoleatos, a oxidação é acompanhada de isomerização, isto é, a passagem de cis para trans.

No caso da auto-oxidação dos linoleatos (cis-cis) haverá formação de dois hidroperóxidos isoméricos, a saber, cis-trans e trans-cis principalmente, e a formação de diversos outros resultantes da interação de dois radicais.

Os hidroperóxidos, que formam os produtos primários da auto-oxidação, são compostos lábeis que participam de reações posteriores resultando sua diminuição quase que imediata fazendo com que sua formação eventualmente exceda sua diminuição, resultando então numa queda no índice de peróxidos durante os últimos estágios da auto-oxidação. A queda no índice de iodo que acompanha a auto-oxidação é devida, principalmente, ao ataque dos hidroperóxidos às dúlices ligas e também à reação incompleta dos compostos conjugados com o reativo de Wijs. As reações secundárias supostas ocorrerem com os hidroperóxidos, menos conhecidas que as de formação, são as seguintes:

a) o hidroperóxido sofre fissão fornecendo dois radicais livres sendo que um deles é o radical hidróxila (OH^{\cdot}) que reage facilmente com os centros de insaturação iniciando uma série de reações responsáveis pelo decréscimo do grau de insaturação. Essa fissão dos hidroperóxidos é mais intensa a altas temperaturas.

A cadeia do ácido graxo insaturado pode ser quebrada por outras reações dos radicais e, por exemplo, poderá haver interação de dois radicais conduzindo à formação de glicol ou de epóxido. Há também a formação de hidroxí-hidroperóxido.

b) os hidroxiperóxidos, do mesmo modo que o peróxido de hidrogênio, podem oxidar as olefinas a epóxido e glicol. O epóxido pode sofrer rearranjo a cetona enquanto que epóxido e glicol são facilmente degradados a uma variedade grande de compostos.

c) sabendo-se que os produtos de cisão que se formam durante os últimos estágios da auto-oxidação, ou mais cedo na presença de catalizadores ou a alta temperatura, incluem vários ácidos mono e dibásicos, supõe-se que estes últimos são acompanhados por compostos carbonílicos saturados e insaturados. Quando os hidroperóxidos sofrem aquecimento há a formação de aldeídos de hidrocarbonetos normais, como por exemplo, etano e pentano.

d) em meio alcalino os hidroperóxidos em presença de sais metálicos dão formação a álcoois insaturados e a peróxido de hidrogênio; em presença de sais metálicos os hidroperóxidos dão formação a álcoois insaturados ou a cetonas.

Dentre os fatores que afetam a auto-oxidação nós temos em primeiro lugar a natureza da matéria graxa. Assim é que o oleato, linoleato e linolenato oxidam mais rapidamente do primeiro citado para o último, com as velocidades relativas de oxidação de 1:12:25 aproximadamente. Em segundo lugar, os compostos que contêm insaturação conjugada reagem mais rapidamente do que os seus isômeros não conjugados. Os ácidos orgânicos livres auto-oxidam mais rapidamente que seus ésteres devido à influência do seu grupo ácido sobre as reações secundárias dos hidroperóxidos.

Dentre os fatores que aceleram a oxidação dos óleos e gorduras, podemos citar os seguintes: temperatura, lipoxidase (enzima), traços de metais (Cu, Fe, etc.), luz (ultra-violeta - azul), peróxidos (ou gordura oxidada) e catalizadores orgânicos contendo Fe (hemoglobina).

Dentre os fatores que inibem ou retardam a oxidação podemos citar: exclusão do oxigênio, refrigeração, embalagens opacas ou escuras, antioxidantes, compostos fenólicos, (BHA, BHT, NDGA, ácido gálico e seus ésteres, ácido tânico e taninos, ácido ascórbico e seus ésteres, tocoferóis, etc.), tratamento com vapor, etc.

Como sinergistas, isto é, substâncias que reforçam a ação dos antioxidantes, podem ser citados os ácidos ascórbico, fosfórico, cítrico e outros.

Para avaliação do grau de oxidação de uma substância graxa podemos lançar mão, entre outros, dos seguintes índices: de peróxidos, de pentana, de ácido octanóico, de absorção de O_2 e, também, da análise sensorial.

3. POLIMERIZAÇÃO TÉRMICA

Quando os ésteres dos ácidos di e trietenóides são aquecidos, por exemplo, a 200°C, os mesmos sofrem certas modificações, tais como:

- a) aumento da viscosidade durante o período de aquecimento, vagarosamente a princípio e mais rapidamente depois;
- b) aumento da densidade;
- c) aumento do índice de refração e diminuição do índice de iqdo, rápida no início e mais lenta no fim. Todo o processo se realiza dentro de um período relativamente longo de tempo, dependendo, é lógico, do tipo de óleo. Descobriu-se, posteriormente, que durante a polimerização havia formação de insatura

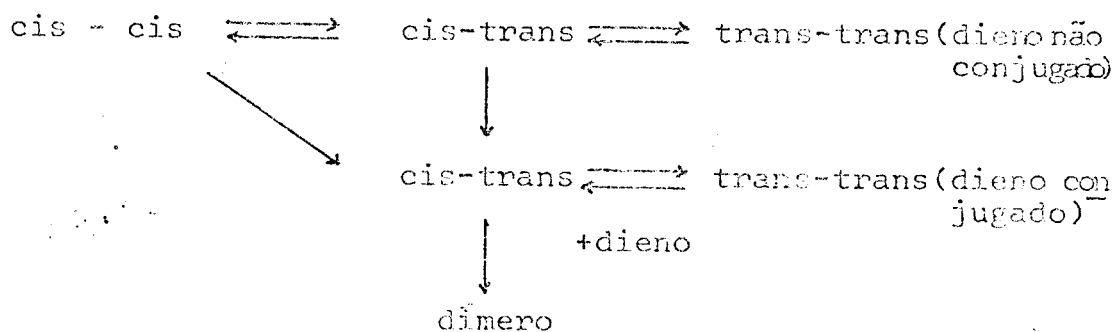
ção conjugada e conversão dos grupos olefínicos de cis a trans.

Observação semelhante foi feita com óleos contendo teor elevado de ácidos polietenóides mas as reações foram um tanto diferentes: a polimerização ocorreu com maior rapidez e o grau de conjugação diminuiu.

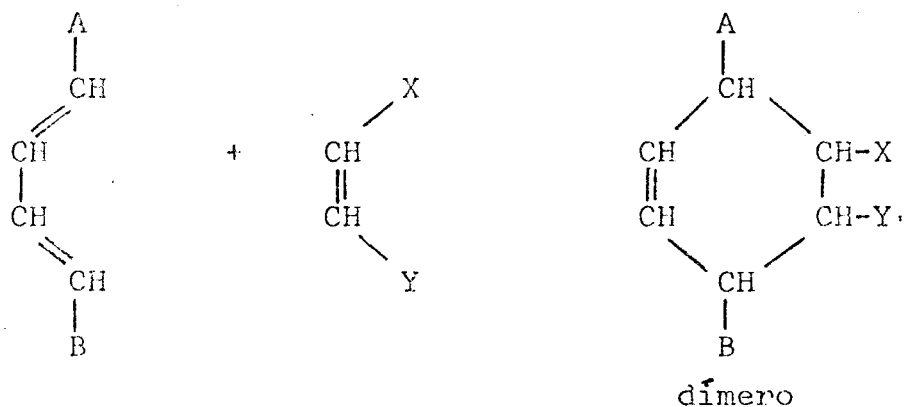
Para se entender, com mais clareza, as reações básicas que levou à polimerização, daremos exemplos com ésteres puros de alquila:

a) Linoleato de metila e isômeros: Paschke, Jackson e Wheeler - trabalhando com linoleatos de metila conjugados e não conjugados concluíram que o primeiro passo na polimerização dos dienos não conjugados é a sua isomerização a ésteres conjugados - os quais, após mudança para dieno trans-trans entra na condensação Diels - Alder com dieno conjugado ou não conjugado, preferivelmente o último devido à maior proporção deste.

Segundo Cowan (1954) estas mudanças podem ser assim resumidas:



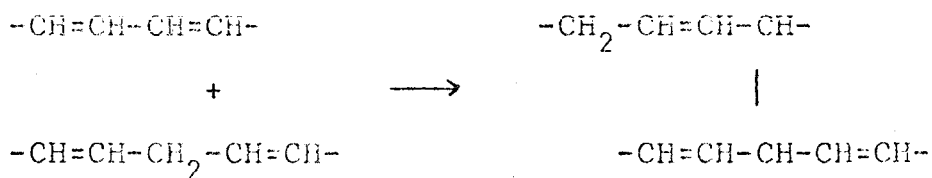
A reação de dimerização pode ser assim representada:



O produto da condensação foi então, um ciclo-hexeno tetrasubstituído. Os trímeros são também formados e são resultantes - provavelmente da interação do dímero com uma segunda molécula de dieno conjugado.

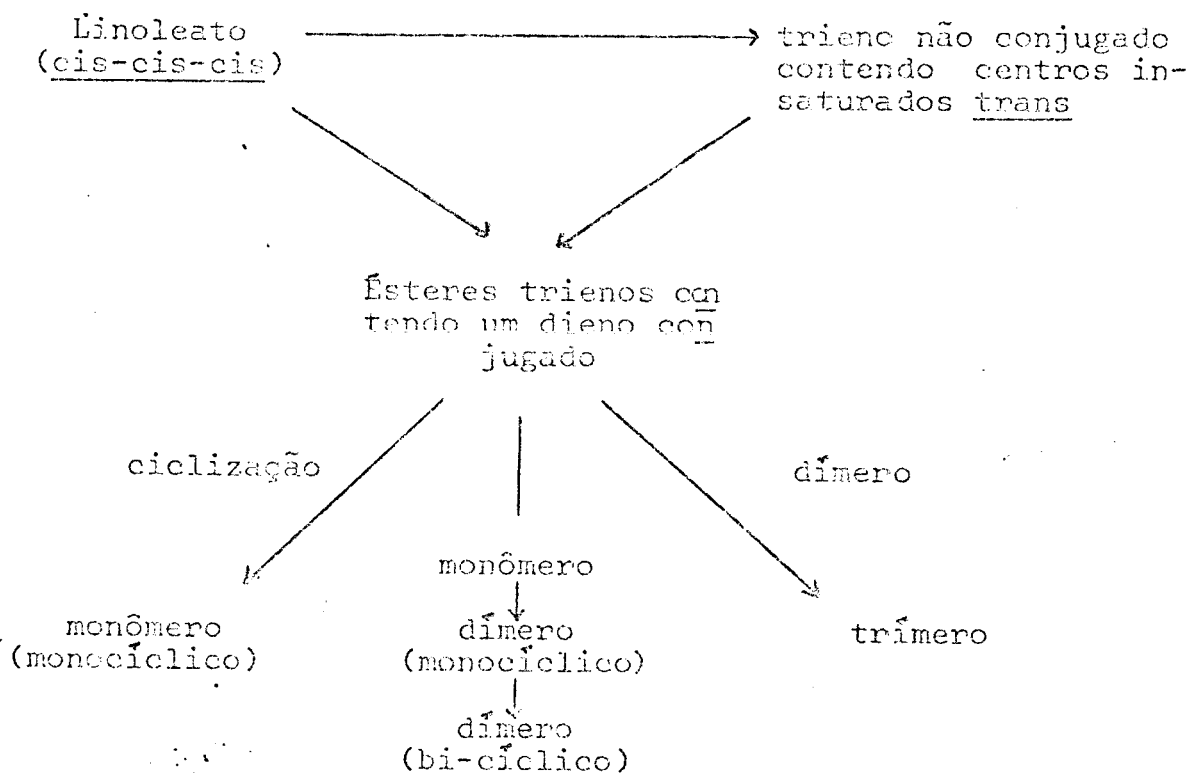
Os isômeros conjugados reagem mais rapidamente porque a condensação ocorre diretamente e independe da reação térmica de conjugação que é lenta.

Sugeriu-se alternativamente que a reação ocorre entre uma molécula de dieno isomerizada à forma conjugada e o grupo CH_2 de uma segunda molécula de linoleato afim de produzir um dímero, o qual, pelo menos inicialmente, é acíclico e é mais insaturado do que o dímero monocíclico produzido pela condensação de Diels-Alder.



Ambas as reações podem ocorrer simultaneamente.

b) Linolenato de metila: O linolenato de metila se comporta de maneira semelhante apenas com a diferença de que o sistema - trieno torna o problema mais complexo. O trieno não conjugado é, provavelmente, convertido a isômeros configuracionais contendo um sistema dieno conjugado. Estes então condensam com o linolenato (ou com outro isômero) produzindo dímeros monocíclicos (estes podem sofrer posterior reação interna para formar dímeros bi-cíclicos), ou condensar com uma molécula de dímero para formar um trímero, ou sofrer uma ciclização interna para formar um monômero cíclico. Estas mudanças podem ser assim resumidas:



Sugeriu-se, também, que a dimerização inicial possa ocorrer entre uma molécula de linolenato isomerizada à forma conjugada e um grupo reativo CH₂ de uma segunda molécula de linolenato produzindo um dímero acíclico semelhante ao descrito para o linoleato.

4. POLIMERIZAÇÃO TÉRMICA DOS GLICÉRIDES

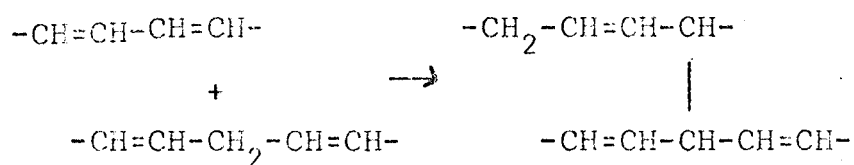
Conquanto seja provável que as reações básicas vistas para o caso de ésteres mais simples sejam também importantes na polimerização térmica dos glicérides, outros fatores devem também ser levados em consideração como, por exemplo, a questão de saber se a condensação das cadeias acíclicas é efetuada - inter ou intra-molecularmente. Quando, pelo mecanismo de Diels-Alder ou por outro qualquer, dois grupos acíclicos que fazem parte da molécula de triglicérides condensam, estes grupos podem estar presentes na mesma molécula de triglicéride (reação intramolecular) ou podem ser constituintes de duas moléculas diferentes (reação intermolecular). No primeiro caso não haverá mudança no peso molecular, e no segundo ocorrerá dimerização dos glicérides. Evidenciou-se experimentalmente que ambos os processos ocorrem, mas há diferentes pontos de vista a respeito de qual deles prepondera nos vários estágios da reação.

Backer, Crawford e Hilditch (1951) sugeriram que a reação ocorre intramolecularmente durante os primeiros estágios, ocasião que a viscosidade aumenta muito pouco, e que nos últimos estágios, a migração de acilas de grupos acíclicos diméricos é responsável pela dimerização das moléculas de glicéride.

Paschke e Wheeler (1954), entretanto, considera, que a intradimerização não é muito extensa e não acreditam que uma mudança de intra para interdimerização por intercâmbio de éster seja a principal causa do aumento repentino da viscosidade durante os últimos estágios da polimerização térmica.

O que deve ser enfatizado é que, apesar de haver provas de que a condensação de Diels-Alder dos dienos conjugados com outros compostos insaturados ocorre durante a polimerização térmica, é fora de dúvida que este seja o único mecanismo que

conduza à dimerização. Há falta de provas com respeito a outras reações, mas Sunderland (1945) considerou válida a integração dos dienos conjugados com um grupo metilênico reativo, mais particularmente na polimerização dos compostos não conjugados dienos e trienos, como:



III - MATERIAL E MÉTODOS

Delineamento da experiência. O delineamento experimental do trabalho foi o seguinte:

Material: Óleos de: algodão, amendoim, arroz, milho e soja do comércio.

- Delineamento:
- 1) Proceder à determinação do ponto de fumaça nos óleos originais;
 - 2) Submeter cada tipo de óleo à temperaturas elevadas por um período de 168 horas, conservando os caldeirões descobertos;
 - 3) Proceder, em períodos de 7 e 16 horas de aquecimento, à coleta de amostras com o propósito de avaliação do grau de oxidação e de polimerização pelas seguintes determinações:
 - a. Índice de refração a 25°C;
 - b. Teor de ácidos graxos livres;
 - c. Índice de peróxidos;
 - d. Índice de iodo;
 - e. Índice de saponificação;
 - f. Pêso molecular médio do óleo (cálculo);
 - g. Viscosidade;
 - h. Absorbância a 500 nm (côr).

Tratamentos: Além do tratamento térmico citado no item 2, submeter cada tipo de óleo aos tratamentos "com" e "sem" resíduo de batata.

No presente estudo foram utilizadas (6) seis latas de cada um dos seguintes óleos, escolhidos por sorteio quando da existência de mais de uma marca:

1. ÓLEO DE ALGODÃO, marca SALADA, produzido pela Sociedade Algodoeira do Nordeste Brasileiro S/A (SANBRA), Avenida Alexandre Mackenzie s/nº-Jaguari, S.P.

Conteúdo: 900 ml; preço: CR\$8,00 (CR\$8,89 o litro).

2. ÓLEO DE AMENDOIM, marca ZAIRA, da Óleos Vegetais São Paulo Ltda. (OLVESP), industrializado por Óleos Vegetais Brasileiro (ÓLEOBRA S/A.), Km 24, via Anhanguera, S.P.

Conteúdo: 800 ml; preço: CR\$7,40 (CR\$9,25 o litro).

3. ÓLEO DE ARROZ, marca BOA SORTE, produzido por Boa Sorte Industrial de Óleos Vegetais S/A, Vila Fabril, Anápolis, Go.

Conteúdo: 800 ml; preço: CR\$8,40 (CR\$10,50 o litro).

4. ÓLEO DE MILHO, marca MAZZOLA, fabricado por Refinações de Milho Brasil Ltda., rua João Tibiriçã s/n, S. Paulo, Brasil.

Conteúdo: 900 ml; preço: CR\$11,00 o litro.

5. ÓLEO DE SOJA, marca VIOLETA, fabricado por OLVEBRA S/A, Indústria e Comércio de Óleos Vegetais.

Conteúdo: 900 ml; preço: CR\$7,30 (CR\$8,11 o litro).

Procedimento. O conteúdo de seis latas de cada tipo de óleo foi colocado em um recipiente e homogeneizado por agitação. Duas porções de 2,3 litros cada foram colocadas em dois recipientes de alumínio de \pm 25 cm de diâmetro, tomando-se, de cada recipiente uma amostra (\pm 60 ml), correspondente ao tratamento 0 horas de aquecimento. O óleo de um dos recipientes - serviu para o tratamento "com batata" e o outro para o tratamento "sem batata". O tratamento "com batata" constou da adição de 5g. de batata ralada, que representariam o resíduo que permanece no óleo por ocasião da operação industrial de fritura. A adição de batata ralada foi feita a cada 24 horas de aquecimento, tendo-se o cuidado de retirar, com uma escumadeira

ra, o resíduo da adição anterior.

O aquecimento foi efetuado com chapa elétrica marca FISATOM, - provida de dispositivo para regulação de aquecimento, o qual - foi fixado no ponto máximo durante toda a experiência. O con - trole da temperatura do óleo em cada panela foi efetuado por meio de termômetros de mercúrio permanentemente imersos no mesmo.

As amostras, de aproximadamente 60 ml cada, foram retiradas das duas panelas com 0, 7, 24, 31, 48, 55, 72, 79, 96, 103, 120, - 127, 144, 151 e 168 horas de aquecimento, sendo armazenadas em frascos de vidro providos de rolhas de cortiça. Foram coleta - das, portanto, 30 amostras para cada tipo de óleo. Procedeu-se nessas amostras, no mais breve espaço de tempo possível, as - análises físicas e químicas que constaram de: índice de refra - ção, ácidos graxos livres, índice de peróxidos e índice de iodo.

As determinações de índice de saponificação, peso molecular mé - dio do óleo (por cálculo), viscosidade e absorvância a 500 nm foram efetuadas apenas nos óleos dos tratamentos 0, 24, 48, - 72, 96, 120, 144 e 168 horas de aquecimento, por diversos moti - vos. Após o término das análises das amostras de um determina - do tipo de óleo, iniciava-se nova experiência com outro tipo.

Durante o transcorrer das experiências foram feitas observações sobre temperatura, formação de espuma, formação de depósitos - de polímeros nas paredes da panela, etc.

Determinou-se, por motivos óbvios, o ponto de fumaça apenas - nas amostras com 0 horas de aquecimento, isto é, nos óleos ori - ginais.

Métodos Analíticos.

1. PONTO DE FUMAÇA: Na falta de recipiente apropriado (Cleveland open flask cup -ASTM), inexistente mesmo em São Paulo, procedemos essa determinação em recipiente de aço inoxidável com dimensões bastante aproximadas às do "Cleveland cup". Para essa determinação, 100 ml de óleo foram colocados no recipiente de aço inoxidável de 8,2 cm de diâmetro por 4,3 cm de altura, tendo um termômetro suspenso na posição vertical, no centro do recipiente. O aquecimento foi feito com bico de gás, intensamente no princípio e menos intensamente no fim, até o aparecimento de um jato contínuo de fumaça azulada, visível contra fundo preto. Nessa ocasião procedeu-se à leitura da temperatura.

A importância desta determinação está ligada ao fato de que a emissão de fumaça é indício do início de decomposição da gordura. Esta decomposição está relacionada com o grau e tipo de insaturação dos ácidos graxos do glicerídio e, também, em grande parte, ao teor de ácidos graxos livres no óleo. O ponto de fumaça de uma gordura é particularmente importante quando a mesma vai ser empregada em frituras. Nesse caso, uma gordura com ponto de fumaça elevado é desejável porque as condições são as de temperaturas elevadas e longos períodos de aquecimento (58).

2. ÍNDICE DE REFRAÇÃO $(n)_D^{25}$: Determinado em refratômetro marca PZO, modelo RL1, polonês, com luz monocromática de sódio, à temperatura de água de torneira e corrigida a 25°C com o auxílio da seguinte fórmula:

$$R = R' + K (T' - T), \text{ onde}$$

R = leitura corrigida à temperatura T

R' = leitura observada à temperatura T' e,

K = 0,00038 (para óleos).

Ref.: JOSLYN (22)

3. ÁCIDOS GRAXOS LIVRES (ACIDEZ): Foi determinada em peso - conveniente do óleo que foi aquecido com álcool 96% neutro durante 10 minutos em banho-maria. A titulação foi feita com álcali 0,1 N empregando-se fenolftaleína como indicador, até a coloração rosada persistente por um minuto. O teor de ácidos graxos livres (em ácido oléico) foi calculado com o auxílio da seguinte fórmula:

$$* \% \text{ AGL}(\text{ácido oleico}) = \frac{\text{ml de álcali} \times N \times 282,46 \times 100}{1000 \times p}, \text{ onde}$$

AGL = ácidos graxos livres

N = normalidade do álcali

282,46 = equivalente do ácido oléico

p = peso de ensaio, em g

Ref.: (22)

4. ÍNDICE DE PERÓXIDOS: Vem a ser o número de miliequivalentes de peróxido que oxidam o iodo do iodeto de potássio nas condições do teste. A determinação foi efetuada sobre 5g da amostra dissolvida em mistura de ácido acético/clorofórmio - (3:2), adição de 0,5 ml de solução saturada de KI, repouso - por 5 minutos em lugar escuro e titulação do I₂ liberado com tiosulfato de sódio 0,1 N, empregando solução de amido como indicador. Foi efetuada determinação em "branco". Efetuou-se o cálculo do índice de peróxidos com o auxílio da seguinte fórmula:

$$IP = \frac{(S-B) \times N \times 1000}{P}, \text{ onde}$$

IP = índice de peróxidos, meq/kg

S = ml $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ gastos com a amostra

B = ml $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ gastos com o "branco"

N = normalidade do $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

p = pêso de ensaio, em g

Ref.: (58)

5. ÍNDICE DE IODO (WIJS): é expresso em g $\text{I}_2/100\text{g}$ de óleo. Em pregou-se solução de WIJS preparada do seguinte modo:

- a) Dissolver 8g de I Cl_3 em 200 ml de ácido acético glacial;
- b) Dissolver 9g de I_2 em 400 ml de ácido acético glacial;
- c) Passar as soluções a e b para balão volumétrico de 1000ml e completar o volume com ácido acético glacial. Agitar.
- d) Armazenar em frasco escuro, em lugar fresco e ao abrigo da luz.

A determinação foi efetuada sobre 0,25g da amostra dissolvidas em 10 ml de tetracloreto de carbono, juntando-se 25 ml da solução de WIJS e repouso de 30 minutos em lugar escuro. Juntaram-se 15 ml de solução de KI a 10%, 100 ml de água destilada e titulou-se com tiosulfato de sódio 0,1 N, empregando-se solução de amido a 1% como indicador. Efetuou-se prova em "branco".

O índice de iodo foi calculado com o auxílio da seguinte fórmula:

$$II = \frac{(B-S) \times N \times 126,9 \times 100}{1000 \times p}, \text{ onde:}$$

II = índice de iodo em $\text{mgI}_2/100\text{g}$;

B = ml de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ gastos com o "branco" ;

S = ml de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ gastos com a amostra;

N = normalidade do $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$;

126,9 = equivalente do iodo; e,

p = pêso de ensaio, em g.

6. ÍNDICE DE SAPONIFICAÇÃO: que é definido como sendo o número de miligramas de KOH necessário para saponificar 1g de gordura foi determinado sobre 5g de óleo a que se juntou 50 ml de KOH alcoólica (± 0,7N), aquecimento sob refluxo durante 30 minutos e titulação do excesso de KOH com HCl 0,5N, com o emprego de fenolftaleína a 1% como indicador do ponto de viragem. Efetuou-se a prova em "branco". Calculou-se o índice de saponificação com o auxílio da seguinte fórmula:

$$IS = \frac{(B-S) \times N \times 56,1}{p}, \text{ onde:}$$

IS = índice de saponificação, em mg KOH/1g óleo;

B = ml de HCl gastos com o "branco";

S = ml de HCl gastos com a amostra;

N = normalidade do HCl;

56,1 = equivalente do KOH; e,

p = pêso de ensaio, em g .

Ref.: (35)

7. PÊSO MOLECULAR MÉDIO DO ÓLEO: Foi calculado a partir do índice de saponificação considerando-se como verdadeira a hipótese da graxa consistir apenas de triglicérides. Nesse caso, 1 mol da graxa necessitaria de 3 moles de KOH (168,3g de KOH) para sua completa saponificação. Como o índice de saponificação é expresso em mg KOH/lg de gordura:

$$\text{lg óleo} \quad \frac{\text{I.S.}}{1000} \quad \text{g KOH}$$

$$\text{PM} \quad \frac{168,3 \text{g KOH}}{1000}, \text{ donde}$$

$$\text{PM} = \frac{1 \times 168,3}{1000} = \frac{1 \times 168,3 \times 1000}{\text{I.S.}}, \text{ onde:}$$

PM = peso molecular médio do óleo, e

I.S. = índice de saponificação, em mg KOH/lg óleo

Ref.: (58)

8. VISCOSIDADE: Devido à impossibilidade do emprego de outros viscosímetros que necessitam de quantidade relativamente grande de amostra, empregamos, para essa determinação, pipeta volumétrica de 10 ml, à qual se cortou a extremidade afilada. Tal operação foi efetuada com a finalidade de se obter orifício de maior diâmetro que permitisse mais fácil escoamento do óleo, principalmente os submetidos a maior espaço de tempo de aquecimento, isto é, os mais viscosos. Determinou-se, com várias repetições, o tempo médio (em segundos) de escoamen-

to, da água destilada e do óleo a 25°C, de uma marca a outra - gravadas na parte superior e inferior da pipeta. A viscosidade do óleo foi, então, expressa em termos de razão entre o tempo de escoamento do óleo e o tempo de escoamento da água destilada, ambos a 25°C.

IV. OBSERVAÇÕES GERAIS DURANTE OS EXPERIMENTOS

Durante todo o experimento foram efetuadas as seguintes anotações:

| | Temperatura Média | Côr | Formação de espuma (no trata/ com batata) | Depósito nas paredes da panela |
|--------------|-------------------|--|---|--------------------------------|
| * ALGODÃO | 145°C | amarela para amarela-avermelhada | 72 hs | 48 hs |
| AMENDOIM | 139°C | amarela clara para amarela escura | 48 hs | 48 hs |
| ARROZ | 135°C | marron amarelada para avermelhada | 48 hs | 72 hs |
| MILHO | 127°C | amarela clara para amarela escura para amarela clara | 72 hs | 72 hs |
| SOJA | 126°C | amarela levemente esverdeada para amarela-esverdeada | 48 hs | 72 hs |

OBSERVAÇÃO:--FORMAÇÃO DE ESPUMA NO TRATAMENTO COM BATATA significa ca tempo de aquecimento em que foi notado que a espuma cobria toda a superfície do óleo, quando da colocação da batata.

--DEPÓSITO NAS PAREDES DA PANELA, significa o momento em que se notou a deposição de polímeros nas panelas.

V - RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

Os pontos de fumaça obtidos das amostras originais dos 5 tipos de óleo estudados foram:

| | | |
|----------|-------|-------|
| ALGODÃO | ----- | 204°C |
| AMENDOIM | ----- | 194°C |
| ARROZ | ----- | 190°C |
| MILHO | ----- | 209°C |
| SOJA | ----- | 207°C |

Levando-se em consideração o critério de que quanto maior o ponto de fumaça melhor o óleo para fritura, como já foi dito atrás, nós teríamos que o melhor seria o óleo de milho e o pior seria o óleo de arroz, no tocante a essa determinação. No entanto, já é sabido (60) que existe correlação altamente significativa, negativa, entre ponto de fumaça e teor de ácidos graxos livres. Podemos observar, pelo Quadro VII que os teores de acidez para milho e para arroz foram de , respectivamente, 0,08% e 0,33%, fato esse que causou a diferença encontrada no ponto de fumaça dos dois óleos. Então, para se poder estabelecer com segurança uma classificação desses óleos, pelo ponto de fumaça, precisaríamos efetuar esta determinação em óleos com 0% de acidez ou com igual teor de acidez, o que não foi possível porque o projeto foi elaborado para se trabalhar com óleos do comércio.

Os demais resultados obtidos são encontrados nos Quadros I a V (por tipo de óleo), e nos Quadros VI a XIII (por determinação).

Com relação a esses resultados, não iremos relatá-los separadamente para cada tipo de óleo, visto haver muita semelhança entre os mesmos. Decidimos, então, visando facilitar seu exame e comparação, reuni-los tendo por base suas características físicas ou químicas, como se pode observar nos Quadros XXIX a XXXIV. Com relação a esses Quadros faremos as seguintes observações:

a) Coluna RESULTADOS OBTIDOS: composta de duas outras colunas, sendo que a primeira - QUADROS - contém os números dos Quadros em que se encontram esses resultados e a segunda - GRÁFICOS - contém os números dos Gráficos confeccionados com esses resultados;

b) Coluna VARIAÇÃO MÉDIA: se refere às porcentagens de aumento ou de diminuição sofridas pela amostra, em relação à amostra original, referente à característica que intitula o Quadro, sem se levar em conta os tratamentos "com" ou "sem" batata;

c) Coluna TEOR: contém os valores mínimo e máximo encontrados durante a experiência toda, citando-se, na coluna OBSERVAÇÕES, quando isso ocorreu;

d) Coluna SIGNIFICÂNCIA ESTATÍSTICA:*** = significativo ao nível de 1%

** = significativo ao nível de 1%

* = significativo ao nível de 5%

n.s. = não significativo

e) Coluna CORRELAÇÃO COM OUTRAS CARACTERÍSTICAS: cita os números dos Quadros que contém os valores de r e sua significância estatística;

f) Na coluna OBSERVAÇÕES estão anotados se os aumentos ou di-

minuições foram uniformes ou não, bem como os tempos de aquecimento em que os mínimos e os máximos ocorreram.

Nos Quadros XIV a XVIII apresentamos as porcentagens de aumento ou de diminuição, em relação ao óleo original, das diversas características físicas ou químicas estudadas e nos Quadros - XIX a XXIII são apresentados os valores estatísticos de F e sua significância para os 5 tipos de óleo estudados, entre os tratamentos "com" e "sem" batata e tempo de aquecimento.

VI - INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Ao efetuarmos a interpretação dos resultados, baseamo-nos nos conceitos já existentes, emitidos por autoridades no assunto, e comuns a todos os óleos estudados. Assim é que:

- a) O aumento crescente e regular do índice de refração (Gráfico 1) é devida à formação constante e crescente de polímeros no óleo.
- b) O aumento do teor de ácidos graxos livres nos cinco óleos - (Gráfico 2) indica ter havido formação de ácidos orgânicos, alguns dos quais di-carboxílicos, à partir, principalmente dos ácidos graxos dos glicérides.
- c) Com relação ao índice de peróxidos observa-se que houve, de modo geral um aumento rápido no início da autoxidação seguido de um decréscimo lento, sendo que o saldo, no entretanto, foi positivo. O que acontece é haver, no início da autoxidação, formação intensa de radicais peróxido e hidroperóxido e decomposição relativamente pequena desses radicais. Com o decorrer do tempo de aquecimento a decomposição aumenta de intensidade, superando, em pequena proporção, a formação daqueles radicais, trazendo como consequência um decréscimo lento - daquele índice, como pode ser observado no Gráfico 3.
- d) A diminuição constante e regular do índice de iodo (Gráfico 4) com o tratamento térmico indica a diminuição do grau de insaturação dos ácidos graxos, devido, principalmente à formação de compostos conjugados, que não adicionam iodo.
- e) Com relação ao índice de saponificação (Gráfico 5) que vem a ser a medida da acidez total do óleo, isto é, o teor-

dos ácidos graxos livres e combinados, observamos ter havido aumento uniforme e idêntico em todos os óleos estudados, confirmando ter havido aumento crescente de grupos carboílicos no óleo oxidado.

f) Quanto ao pêso molecular médio dos óleos, que foi calculado à partir do índice de saponificação, houve, como era esperada, diminuição uniforme para todos os óleos, como se pode observar pelo exame do Gráfico 6.

g) No tocante à viscosidade (Gráfico 7), houve um aumento pequeno da mesma nas primeiras 48 horas de aquecimento. Com o decorrer do tratamento térmico houve aumento mais intenso da viscosidade, indicando formação mais intensa de polímeros. A viscosidade, juntamente com índice de refração fornecem boas indicações sobre a formação de polímeros no óleo.

h) Com relação à absorbância (côr), observamos, pelo Gráfico 8, ter havido, de modo geral, diminuição da intensidade da côr de todos os óleos nas primeiras 24 ou 48 horas de aquecimento, seguida de aumento crescente da mesma daí para diante. Em apenas um caso (milho) o óleo, após 168 hs de aquecimento, apresentou côr mais clara que o óleo original.

VII - CONCLUSÕES

1. Os óleos de milho, arroz e soja, com respectivamente 0,31 , 0,32 e 0,34% de aumento no índice de refração polimerizam - menos que os óleos de algodão e amendoim, ambos com 0,41% de aumento. (Quadro XXIX).
2. Em ordem crescente de aumento no teor de ácidos graxos li- vres em relação aos óleos originais, os óleos podem ser assim classificados: arroz (+ 297,05%), amendoim (+331,75%), soja (+768,75%), milho (+1.012,50%) e algodão (+1.133,35%). (Quadro XXX).
3. Em ordem crescente de aumento no teor de índice de peróxi- do , a classificação foi: arroz (+9,50%), soja (+208,80%), amendoim (+854,65%), milho (+907,25%) e algodão (+368,50%). (Quadro XXXI). O alto saldo positivo para o óleo de algo - dão se explica pelo fato daquele óleo apresentar índice de peróxido da amostra original muitíssimo baixo, ou seja de 0,01 mg/kg. (Quadro I).
4. A classificação dos óleos estudados, em ordem decrescente- da diminuição do índice de iodo, seria: soja (-18,70%), mi- lho (-19,65%), arroz (-21,95%), amendoim (-22,30%) e algo- dão (-24,75%). (Quadro XXXII).
5. Com relação ao índice de saponificação, houve um aumento de aproximadamente 5% para os tipos de óleos estudados, não h- vendo, portanto, possibilidade de classificação com relação a esse índice. (Quadro XXXIII).
6. Quanto ao pêso molecular médio, houve uma diminuição de

aproximadamente 4,6% para todos os óleos durante o tratamento térmico. (Quadro XXXIV).

7. Durante o experimento, o aumento da viscosidade dos óleos - nos permitiram a seguinte classificação: milho (+366,10%), arroz (+448,60%), soja (+482,50%), algodão (+713,75%) e amendoim (+957,00%). (Quadro XXXV).
8. A classificação para a absorbância a 500 nm (côr), em ordem crescente de escurecimento é : milho (-2,25%), arroz - (+66,20%), soja. (+103,30%), amendoim (+192,50%) e algodão (+270,90%). (Quadro XXXVI).
9. Houve diferença altamente significativa, (P=0,001), entre os tempos de aquecimento em todas as determinações para os cinco tipos de óleo estudados.
10. Com relação à significância estatística entre os tratamentos "sem" e "com" batata, foi-nos permitido apresentar o seguinte resumo:

Diferença altamente significante (P=0,001):

IR para o óleo de soja;
AGL para algodão e soja;
IP para algodão; e,
II para algodão, arroz e soja.

Diferença muito significante (P=0,01):

II para amendoim e milho; e,
VISC para óleo de arroz.

Diferença significativa (P=0,05):

IR para algodão e milho;
AGL para arroz e milho;
VISC para algodão, milho e soja; e,
ABS para soja.

Insignificante: para os demais casos.

Nota: IR = índice de refração;
AGL = ácidos graxos livres;
IP = índice de peróxidos;
II = índice de iodo;
IS = índice de saponificação;
VISC = viscosidade; e,
ABS = absorbância.

11. Com relação às correlações com outras características, podemos resumí-las do seguinte modo:

ÓLEO DE ALGODÃO: (Quadro XXIV).

Correlação muito significativa (P=0,01), positiva:

IR e AGL; IR e IS; IR e VISC; IR e ABS ;
AGL e IS; AGL e VISC; AGL e ABS; IS e VISC;
IS e ABS; VISC e ABS.

Correlação muito significativa (P=0.01), negativa:

IR e II; AGL e II; II e IS; II e VISC;
II e ABS.

Correlação significativa (P=0,05), negativa: IP e ABS.

Insignificante: as restantes

ÓLEO DE AMENDOIM: (Quadro XXV)

Correlação muito significativa ($P=0,01$), positiva:

IR e AGL; IR e IS; IR e VISC; IR e ABS;
AGL e IS; AGL e VISC; AGL e ABS; IS e VISC;
IS e ABS; VISC e ABS.

Correlação muito significativa ($P=0,01$), negativa:

IR e II; AGL e LL; II e IS; II e VISC.;
II e ABS.

Correlação significativa ($P=0,05$), positiva:

IP e II.

Correlação significativa ($P=0,05$), negativa:

IR e IP; AGL e IP; IP e ABS.

Insignificantes : as restantes.

ÓLEO DE ARROZ: (Quadro XXVI)

Correlação muito significativa ($P=0,01$), positiva:

IR e AGL; IR e IS; IR e VISC; IR e ABS ;
AGL e IS; AGL e VISC; AGL e ABS; IP e II;
IS e VISC; IS e ABS; VISC e ABS.

Correlação muito significativa ($P=0,01$), negativa:

IR e IP; IR e II; AGL e IP; AGL e II;
IP e ABS; II e IS; II e VISC; II e ABS.

Correlação significativa ($P=0,05$), negativa:

IP e IS; IP e VISC.

Insignificantes: não houve.

ÓLEO DE MILHO: (Quadro XXVII)

Correlação muito significativa ($P=0,01$), positiva:

IR e AGL; IR e IS; IR e VISC; AGL e IS;
AGL e VISC; IS e VISC.

Correlação muito significativa ($P=0,01$), negativa:

IR e IP; IR e II; AGL e II; IP e ABS;
II e IS; II e VISC.

Insignificantes: as restantes.

ÓLEO DE SOJA: (Quadro XXVIII).

Correlação muito significativa ($P=0,01$), positiva:

IR e AGL; IR e IS; IR e VISC; IR e ABS;
AGL e IS; AGL e VISC; AGL e ABS; IS e VISC;
IS e ABS; VISC e ABS.

Correlação muito significativa ($P=0,01$), negativa:

IR e II; AGL e II; II e IS; II e VISC.

Correlação significativa ($P=0,05$), negativa:

IP e ABS; II e ABS

Insignificantes: as restantes

12. CLASSIFICAÇÃO: Antes de proceder à classificação das 5 espécies de óleo, tendo como base os resultados obtidos, torna-se necessária uma explanação sobre os critérios adotados por nós para efetua-la.

Critério adotado: Procedeu-se, primeiramente, à análise estatística (teste de F) para se saber se havia diferença significativa entre as espécies de óleo, dentro de cada determinação. Em caso positivo, procedeu-se à comparação entre as médias dentro de cada determinação (teste t de Student) e em caso negativo não se procedia essa comparação. No caso do teste de t ser positivo, a menor média ocupava um lugar superior na classificação, isto para todas as determinações menos para o índice de iodo pelo fato desse índice diminuir com a autoxidação. Em caso negativo, ambas as médias ocupavam o mesmo lugar na classificação. Para aplicação do teste t de Student empregou-se a seguinte equação:

$$t = \frac{\bar{x}_A - \bar{x}_B}{Sd\bar{x}} = \frac{\bar{x}_A - \bar{x}_B}{\sqrt{\frac{S_A^2}{n} + \frac{S_B^2}{n}}}, \text{ onde}$$

\bar{x}_A = média da amostra A

\bar{x} = média da amostra B

$Sd\bar{x}$ = erro da diferença de duas médias

S_A^2 = variabilidade da amostra A

S_B^2 = variabilidade da amostra B

Efetuada que foram as comparações, obtivemos os seguintes resultados dentro de cada determinação:

Índice de refração

Diferença altamente significativa entre espécies de óleo;
F=30,00***

| <u>Médias</u> | <u>Classificação</u> |
|---------------|--------------------------------|
| AR - 1,47327 | |
| MI - 1,47345 | 1º-AR e MI - polimerizam menos |
| AL - 1,47428 | 2º-AL |
| SO - 1,47582 | 3º-SO e AM - polimerizam mais |
| AM - 1,47665 | |

Ácidos graxos livres

Diferença muito significativa entre espécies de óleo;
F=7,07**

| <u>Médias corrigidas</u> | <u>Classificação</u> |
|--------------------------|---|
| AM - 0,259% | |
| SO - 0,316% | 1º-AM e SO - menor formação de ácidos livres |
| MI - 0,407% | |
| AR - 0,520% | 2º-MI,AL e AR - maior formação de ácidos livres |
| AL - 0,548% | |

Índice de peróxidos

Diferença altamente significativa entre espécies de óleo;
F=39,99***

Médias corrigidas

Classificação

| | |
|-----------------|-----------------------------|
| AL - 8,39meg/kg | |
| AR - 9,48meg/kg | 1º - AL e AR - oxidam menos |
| AM - 15,20meg/k | 2º - AM |
| SO - 24,24meg/k | 3º - SO |
| MI - 37,99meg/k | 4º - MI - oxidam mais |

Índice de iodo

Diferença muito significativa entre espécies de óleo;
F=72,58 **

Médias

Classificação

| | |
|--------------|--------------------------------|
| AR - 87,588 | |
| AL - 96,125 | 1º - SO e AM - decompõem menos |
| MI - 100,036 | 2º - MI e AL |
| AM - 114,909 | 3º - AR - decompõe mais |
| SO - 118,646 | |

Índice de saponificação

Diferença muito significativa entre espécies de óleo;
F=11,33 **

Médias

Classificação

| | |
|--------------|---|
| AR - 192,781 | |
| MI - 193,587 | 1º - AR, MI e SO - menor teor de acidez |
| SO - 194,125 | |
| AM - 197,731 | 2º - AM e AL - maior teor de acidez |
| AL - 198,981 | |

Viscosidade

Diferença não significativa entre espécies de óleos;
F=2,31(n.s.).

| <u>Médias</u> | <u>Classificação</u> |
|---------------|--------------------------|
| MI - 22,069 | |
| SO - 23,087 | |
| AL - 31,869 | 1º - MI, SO, AL, AR e AM |
| AR - 32,637 | |
| AM - 40,619 | |

NOTA: A diferença entre as médias foi insignificante devido à variabilidade (S^2) elevada.

Absorbância a 500 nm (côr)

Diferença muito significativa entre espécies de óleo ;
F=65,93**

| <u>Médias</u> | <u>Classificação</u> |
|---------------|--------------------------------|
| MI - 0,116 | |
| SO - 0,164 | 1º - MI, SO e AM - mais claras |
| AM - 0,218 | 2º - AL |
| AL - 0,539 | 3º - AR - mais escura |
| AR - 1,114 | |

Finalmente, como principal conclusão do presente trabalho, iremos efetuar a classificação geral dos cinco óleos em estudo, somando as médias de cada determinação cuja diferença entre os óleos foi significativa. Essas médias representam qualidades negativas no que se refere à autoxidação e polimerização, e os óleos terão uma classificação tanto melhor quanto menor -

fôr o total desses pontos negativos. Alguns artifícios de cálculo foram empregados afim de que não fossem somadas quantidades muito pequenas ou muito grandes demais, sendo que o mesmo artifício empregado para um tipo de óleo o foi para os demais, o que não altera o resultado final. Neste caso estão o índice de refração para o qual se empregou o seguinte artifício: $(\bar{I}R - 1,47) \times 1000$ e índice de saponificação, cujas médias foram divididas por 10. Para o caso do índice de iodo - que, como já vimos anteriormente, diminue com o aquecimento, tomamos o inverso de suas médias, o qual foi multiplicado por 1000, isto é, $\frac{1}{\bar{I}I} \times 1000$.

$\bar{I}I$

O quadro abaixo apresenta os totais das qualidades negativas para cada espécie de óleo:

| | ÓLEO DE ALGODÃO | ÓLEO DE AMENDOIM | ÓLEO DE ARROZ | ÓLEO DE MILHO | ÓLEO DE SOJA |
|-------------------------|-----------------|------------------|---------------|---------------|--------------|
| Índice de refração | 4,28 | 6,64 | 3,27 | 3,45 | 5,82 |
| AGL corrigido | 5,48 | 2,59 | 5,70 | 4,07 | 3,16 |
| IP corrigido | 8,39 | 15,70 | 9,48 | 37,99 | 24,24 |
| Índice de iodo | 10,40 | 8,70 | 11,42 | 10,00 | 8,43 |
| Índice de saponificação | 19,90 | 19,77 | 19,28 | 19,36 | 19,41 |
| | 48,45 | 52,90 | 48,65 | 74,87 | 61,06 |

NOTA: Côr não foi incluída por não ser fator preponderante. O óleo de milho é o mais claro de todos e, no entanto, é o que se decompõe mais facilmente pelo aquecimento.

CLASSIFICAÇÃO

- 1º - ÓLEO DE ALGODÃO , com 48,45 pontos negativos
- 2º - ÓLEO DE ARROZ , com 48,65 pontos negativos
- 3º - ÓLEO DE AMENDOIM, com 52,90 pontos negativos
- 4º - ÓLEO DE SOJA , com 61,06 pontos negativos
- 5º - ÓLEO DE MILHO, com 74,87 pontos negativos

Pela classificação acima se conclue que os óleos mais apropriados para fins de fritura são os óleos de algodão e arroz indistintamente, seguidos pelo óleo de amendoim.

Dos três o mais barato é o óleo de algodão (CR\$8,89 o litro), o que deve pesar na preferência do industrial. Os óleos de soja e de milho, principalmente o último, são os menos indicados àquela finalidade pela facilidade com que se autoxidam e polimerizam.

VIII - QUADROS

QUADRO I - ÓLEO DE ALCODÃO

| TEMPO DE AQUECIMENTO (HORAS) | TRATAMENTO COM RATATA | ÍNDICE DE REFRACÇÃO (n) _D | ÍNDICE DE ÁCIDOS GRAXOS LIVRES (ác.oleico) % | ÍNDICE DE PERÓXIDOS (meq/Kg) | ÍNDICE DE SAPONIFICAÇÃO (mg KOH/lp) | ÍNDICE DE SAPONIFICAÇÃO (mg KOH/lp) | PESO MOLE CULAR ME- DIO DO ÓLEO | VISCOSI- DADE * - DADE * - A | ABSOR- RÂNCIA 500 nm |
|------------------------------------|-----------------------------|--|---|------------------------------------|---|---|--|---------------------------------------|----------------------------|
| 0 | - | 1,47109 | 0,09 | 0,01 | 111,12 | 193,7 | 868,9 | 8,7 | 0,299 |
| | - | 1,47109 | 0,09 | 0,01 | 111,12 | 193,7 | 868,9 | 8,7 | 0,298 |
| 7 | SEM COM | 1,47149 1,47129 | 0,12 0,11 | 3,92 4,67 | 109,90 105,65 | - | - | - | - |
| 24 | SEM COM | 1,47209 1,47189 | 0,29 0,22 | 13,74 14,71 | 105,79 106,30 | 195,0 198,0 | 863,1 858,7 | 12,1 11,6 | 0,245 0,238 |
| 31 | SEM COM | 1,47279 1,47234 | 0,35 0,26 | 16,60 21,40 | 104,02 103,97 | - | - | - | - |
| 48 | SEM COM | 1,47314 1,47314 | 0,47 0,43 | 9,73 17,82 | 100,40 101,55 | 187,1 196,0 | 853,9 858,7 | 16,6 15,7 | 0,285 0,268 |
| 55 | SEM COM | 1,47348 1,47348 | 0,52 0,47 | 9,73 13,67 | 98,78 101,24 | - | - | - | - |
| 72 | SEM COM | 1,47448 1,47448 | 0,63 0,66 | 10,83 12,62 | 97,16 98,18 | 198,8 198,5 | 846,6 847,9 | 22,7 21,5 | 0,332 0,355 |
| 79 | SEM COM | 1,47448 1,47433 | 0,69 0,67 | 10,66 10,93 | 93,95 94,59 | - | - | - | - |
| 96 | SEM COM | 1,47448 1,47473 | 0,78 0,74 | 4,88 6,68 | 91,56 93,72 | 199,3 200,1 | 844,5 841,1 | 30,7 29,4 | 0,510 0,525 |
| 103 | SEM COM | 1,47548 1,47513 | 0,82 0,80 | 5,84 6,76 | 90,81 92,26 | - | - | - | - |
| 120 | SEM COM | 1,47538 1,47553 | 0,89 0,83 | 2,89 4,38 | 85,31 90,30 | 202,3 201,6 | 831,9 834,8 | 43,5 39,8 | 0,615 0,695 |
| 127 | SEM COM | 1,47613 1,47528 | 0,94 0,88 | 2,94 2,92 | 89,06 89,75 | - | - | - | - |
| 144 | SEM COM | 1,47648 1,47673 | 0,99 0,96 | 2,96 4,86 | 85,16 86,84 | 202,4 202,7 | 831,5 830,3 | 55,8 51,5 | 0,830 0,870 |
| 151 | SEM COM | 1,47657 1,47687 | 1,10 0,99 | 4,89 7,78 | 84,71 85,69 | - | - | - | - |
| 168 | SEM COM | 1,47737 1,47712 | 1,16 1,06 | 2,91 4,88 | 83,00 84,35 | 204,2 202,3 | 824,2 831,9 | 75,5 66,1 | 1,125 1,086 |

* = Razão entre o tempo de escoamento do óleo e o tempo de escoamento da água destilada, a 25°C.

QUADRO II - ÓLEO DE AMENDOIM

| TEMPO DE AQUECIMENTO (HORAS) | TRATAMENTO COM BATATA | ÍNDICE DE REFRAÇÃO (n) _D | ÍNDICE DE ÁCIDOS GRAXOS LÍQUIDOS (ác. oléico) % (meq/kg) | ÍNDICE DE PERÓXIDOS (n ₂ ^o /100g) | ÍNDICE DE SAPONIFICAÇÃO (mKOH/1g) | PÊSO MOLE CULAR ME- DIO DO ÓLEO | VISCOSI- DADE* DO | ASSOR- BANCIA A 500 nm |
|------------------------------------|-----------------------------|---|---|---|---|--|-------------------------|---------------------------------|
| 0 | - | 1,47327 | 0,11 | 0,98 | 132,17 | 192,5 | 874,1 | 9,2 |
| | - | 1,47327 | 0,11 | 0,98 | 132,17 | 192,5 | 874,1 | 9,2 |
| 7 | SEM COM | 1,47387 1,47362 | 0,14 0,12 | 27,13 28,60 | 130,11 130,95 | - | - | - |
| 24 | SFM COM | 1,47462 1,47447 | 0,21 0,18 | 24,41 23,39 | 125,45 125,96 | 193,7 194,8 | 868,9 864,0 | 12,8 13,0 |
| 31 | SEM COM | 1,47492 1,47487 | 0,25 0,25 | 21,61 20,71 | 123,70 123,96 | - | - | - |
| 48 | SEM COM | 1,47532 1,47547 | 0,27 0,31 | 19,72 18,66 | 119,67 119,30 | 195,8 195,5 | 859,6 860,9 | 18,9 18,8 |
| 55 | SEM COM | 1,47531 1,47581 | 0,34 0,34 | 18,66 17,72 | 117,66 118,56 | - | - | - |
| 72 | SFM COM | 1,47656 1,47656 | 0,40 0,36 | 16,63 16,73 | 115,02 116,09 | 197,0 197,9 | 854,3 850,4 | 26,8 26,8 |
| 79 | SEM COM | 1,47706 1,47661 | 0,37 0,40 | 16,93 19,61 | 113,21 114,08 | - | - | - |
| 96 | SFM COM | 1,47736 1,47721 | 0,44 0,39 | 12,85 13,89 | 111,01 111,38 | 198,5 199,8 | 847,9 842,3 | 37,2 36,5 |
| 103 | SEM COM | 1,47781 1,47776 | 0,41 0,38 | 13,81 14,71 | 110,30 110,82 | - | - | - |
| 120 | SFM COM | 1,47806 1,47811 | 0,41 0,51 | 12,65 12,93 | 105,96 106,94 | 119,5 200,7 | 843,6 938,6 | 51,8 51,1 |
| 127 | SFM COM | 1,47826 1,47831 | 0,47 0,45 | 10,54 11,79 | 105,52 106,30 | - | - | - |
| 144 | SFM COM | 1,47881 1,47886 | 0,49 0,51 | 9,88 9,90 | 104,01 104,83 | 201,3 201,3 | 836,1 836,1 | 73,2 70,1 |
| 151 | SFM COM | 1,47911 1,47906 | 0,52 0,45 | 9,77 10,76 | 103,46 103,59 | - | - | - |
| 168 | SFM COM | 1,47956 1,47931 | 0,48 0,47 | 9,80 8,91 | 101,80 103,27 | 201,8 201,1 | 834,0 836,9 | 102,2 92,3 |

* = Razão entre o tempo de escoamento do óleo e o tempo de escoamento da água destilada a 25º C.
Índice de iodo muito alto.

QUADRO III - ÓLEO DE APOZ

| TEMPO DE AQUECIMENTO (HORAS) | TRATAMENTO COM PATATA | ÍNDICE DE REFINAÇÃO (m) ₂₀ | ÍNDICE DE ÁCIDOS GRAXOS LIVRES (ác.oléico) % | ÍNDICE DE PERÓXIDOS (mEq/kg) | ÍNDICE DE IODO (PI ₂ /100P) | ÍNDICE DE SAPONIFICAÇÃO (mEq/KOH/1P) | PESO MOLE CULAR MÉDIO | VISCOSI DADE* | ABSORRAN CIA 500 nm |
|------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|------------------------------|--|--------------------------------------|-----------------------|---------------|---------------------|
| 0 | - | 1,47075 | 0,33 | 9,00 | 99,93 | 187,7 | 896,4 | 11,4 | 0,921 |
| | - | 1,47075 | 0,33 | 9,00 | 99,93 | 187,7 | 896,4 | 11,4 | 0,921 |
| 7 | SEM COM | 1,47125 | 0,35 | 32,97 | 99,54 | - | - | - | - |
| | COM | 1,47160 | 0,36 | 35,93 | 99,39 | - | - | - | - |
| 24 | SEM COM | 1,47170 | 0,50 | 42,08 | 86,95 | 188,7 | 891,9 | 14,0 | 0,721 |
| | COM | 1,47160 | 0,49 | 34,02 | 94,63 | 188,4 | 893,3 | 14,4 | 0,714 |
| 31 | SEM COM | 1,47200 | 0,51 | 28,19 | 95,31 | - | - | - | - |
| | COM | 1,47180 | 0,53 | 29,96 | 93,83 | - | - | - | - |
| 48 | SEM COM | 1,47260 | 0,61 | 26,08 | 92,77 | 190,6 | 883,0 | 18,5 | 0,796 |
| | COM | 1,47225 | 0,61 | 22,06 | 91,76 | 191,3 | 879,8 | 19,5 | 0,866 |
| 55 | SEM COM | 1,47260 | 0,65 | 17,26 | 90,29 | - | - | - | - |
| | COM | 1,47260 | 0,68 | 19,90 | 90,17 | - | - | - | - |
| 72 | SEM COM | 1,47280 | 0,78 | 20,14 | 88,45 | 191,9 | 877,0 | 24,2 | 0,963 |
| | COM | 1,47295 | 0,79 | 19,35 | 87,90 | 191,9 | 877,0 | 25,4 | 1,004 |
| 79 | SEM COM | 1,47330 | 0,83 | 18,21 | 87,80 | - | - | - | - |
| | COM | 1,47325 | 0,79 | 15,17 | 87,24 | - | - | - | - |
| 96 | SEM COM | 1,47330 | 0,90 | 14,24 | 86,21 | 193,8 | 868,4 | 31,1 | 1,086 |
| | COM | 1,47375 | 0,95 | 13,37 | 84,82 | 194,2 | 866,6 | 32,5 | 1,201 |
| 103 | SEM COM | 1,47400 | 0,95 | 13,42 | 84,96 | - | - | - | - |
| | COM | 1,47395 | 0,93 | 14,27 | 83,89 | - | - | - | - |
| 120 | SEM COM | 1,47405 | 1,01 | 9,35 | 80,57 | 195,6 | 860,4 | 40,1 | 1,284 |
| | COM | 1,47450 | 1,06 | 10,27 | 79,95 | 195,8 | 859,6 | 42,1 | 1,387 |
| 127 | SEM COM | 1,47490 | 1,06 | 10,33 | 80,46 | - | - | - | - |
| | COM | 1,47490 | 1,10 | 10,33 | 79,43 | - | - | - | - |
| 144 | SEM COM | 1,47605 | 1,13 | 12,33 | 80,00 | 197,1 | 853,9 | 50,2 | 1,456 |
| | COM | 1,47540 | 1,22 | 9,43 | 78,49 | 186,7 | 855,6 | 53,2 | 1,444 |
| 151 | SEM COM | 1,47610 | 1,19 | 8,42 | 78,80 | - | - | - | - |
| | COM | 1,47540 | 1,19 | 10,38 | 77,93 | - | - | - | - |
| 168 | SEM COM | 1,47560 | 1,28 | 10,40 | 78,53 | 196,2 | 857,3 | 65,2 | 1,523 |
| | COM | 1,47580 | 1,34 | 8,43 | 77,51 | 186,5 | 854,6 | 69,0 | 1,538 |

* = Razão entre o tempo de escoamento do óleo e o tempo de escoamento da água destilada, a 25°C.

QUADRO IV - ÓLEO DE MILHO

| TEMPO DE AQUECIMENTO (HORAS) | TRATAMENTO COM PATATA | ÍNDICE DE REFRAÇÃO (n _D 20) | ÁCIDOS GRAXOS LIVRES (ác.oléico) % | ÍNDICE DE PERÓXIDOS (mcc/kg) | ÍNDICE DE ÍDIO (PI ₂ /100p) | ÍNDICE DE SAPONIFICAÇÃO (m ³ KOH/lr) | PESO MOLE CULAR ME DIO DO ÓLEO | VISCOSI- DADE* - 100 | ABSORVÂ- CIA A - 500 nm. |
|------------------------------------|-----------------------------|--|--|------------------------------------|--|---|---|----------------------------|--------------------------------|
| 0 | - | 1,47076 | 0,08 | 2,46 | 112,58 | 188,6 | 892,4 | 9,0 | 0,208 |
| | - | 1,47076 | 0,08 | 2,46 | 112,58 | 188,6 | 892,4 | 9,0 | 0,209 |
| 7 | SEM COM | 1,47111 1,47131 | 0,10 0,10 | 37,55 40,51 | 111,40 111,50 | - | - | - | - |
| 24 | SEM COM | 1,47176 1,47181 | 0,19 0,20 | 65,74 58,65 | 108,74 108,40 | 190,7 191,8 | 882,5 877,5 | 11,0 11,0 | 0,088 0,083 |
| 31 | SEM COM | 1,47206 1,47211 | 0,24 0,23 | 57,43 57,43 | 107,34 106,59 | - | - | - | - |
| 48 | SEM COM | 1,47291 1,47276 | 0,31 0,34 | 63,12 59,29 | 105,15 104,44 | 192,7 192,4 | 873,4 874,7 | 13,8 14,0 | 0,053 0,055 |
| 55 | SEM COM | 1,47306 1,47311 | 0,35 0,35 | 56,38 59,41 | 103,15 101,33 | - | - | - | - |
| 72 | SEM COM | 1,47331 1,47371 | 0,40 0,43 | 46,35 47,38 | 100,87 100,45 | 193,5 192,6 | 869,8 873,8 | 17,3 1,5 | 0,051 0,062 |
| 79 | SEM COM | 1,47351 1,47376 | 0,42 0,47 | 41,42 43,48 | 100,14 99,65 | - | - | - | - |
| 96 | SEM COM | 1,47366 1,47431 | 0,50 0,53 | 38,20 39,06 | 98,44 97,69 | 194,6 194,9 | 864,9 863,5 | 21,4 22,1 | 0,061 0,076 |
| 103 | SEM COM | 1,47381 1,47411 | 0,53 0,57 | 31,50 32,54 | 97,03 96,50 | - | - | - | - |
| 120 | SEM COM | 1,47451 1,47471 | 0,61 0,63 | 31,56 29,64 | 92,93 93,25 | 194,9 195,3 | 863,5 861,8 | 26,8 27,5 | 0,100 0,114 |
| 127 | SEM COM | 1,47481 1,47481 | 0,65 0,65 | 22,73 27,72 | 92,95 92,12 | - | - | - | - |
| 144 | SEM COM | 1,47486 1,47491 | 0,76 0,75 | 23,81 24,70 | 91,34 91,14 | 195,2 196,3 | 862,2 857,4 | 34,4 34,4 | 0,152 0,138 |
| 151 | SEM COM | 1,47511 1,47521 | 0,79 0,76 | 23,86 23,62 | 91,76 90,74 | - | - | - | - |
| 168 | SEM COM | 1,47551 1,47541 | 0,88 0,90 | 23,74 25,82 | 90,74 90,13 | 197,4 197,9 | 852,6 850,4 | 41,4 42,5 | 0,197 0,210 |

* = Razão entre o tempo de escoamento do óleo e o tempo de escoamento da água destilada, a 259C.

QUADRO V - ÓLEO DE SOJA

| TEMPO DE AQUECIMENTO (HORAS) | TREATAMENTO COM RATATA | ÍNDICE DE REFRACÇÃO (n) _D | ÍNDICE DE REFRAÇÃO (n) _D | ÁCIDOS GRAXOS LIVRES (ác. oléico) % | ÍNDICE DE PERÓXIDOS (meq/kg) | ÍNDICE DE IODO (ρI ₂ /100ρ) | ÍNDICE DE SAPONIFICAÇÃO (meq KOH/lr) | PÊSO MOLE CULAR DO ÓLEO | VISCOSI DADE* | ABSORÇÃO CIA A 500 nm. |
|------------------------------|------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|-------------------------|---------------|------------------------|
| 0 | - | 1,47318 | 1,47318 | 0,08 | 5,93 | 130,15 | 189,6 | 887,4 | 8,3 | 0,169 |
| | - | 1,47318 | 1,47318 | 0,08 | 5,93 | 132,15 | 189,6 | 887,4 | 8,3 | 0,169 |
| 7 | SEM COM | 1,47343 | 1,47363 | 0,11 | 38,54 | 131,85 | - | - | - | - |
| | SEM COM | 1,47343 | 1,47363 | 0,11 | 40,55 | 131,75 | - | - | - | - |
| 24 | SEM COM | 1,47413 | 1,47443 | 0,16 | 36,78 | 128,39 | 190,2 | 888,0 | 10,3 | 0,109 |
| | SEM COM | 1,47443 | 1,47473 | 0,18 | 35,47 | 127,90 | 191,3 | 879,8 | 10,4 | 0,120 |
| 31 | SEM COM | 1,47433 | 1,47448 | 0,20 | 35,64 | 127,31 | - | - | - | - |
| | SEM COM | 1,47448 | 1,47463 | 0,22 | 36,96 | 126,28 | - | - | - | - |
| 48 | SEM COM | 1,47488 | 1,47518 | 0,27 | 35,50 | 124,46 | 191,9 | 877,0 | 13,1 | 0,085 |
| | SEM COM | 1,47518 | 1,47548 | 0,29 | 33,73 | 123,69 | 191,0 | 881,2 | 13,5 | 0,091 |
| 55 | SEM COM | 1,47488 | 1,47528 | 0,32 | 33,66 | 121,92 | - | - | - | - |
| | SEM COM | 1,47528 | 1,47568 | 0,31 | 30,85 | 120,94 | - | - | - | - |
| 72 | SEM COM | 1,47543 | 1,47563 | 0,35 | 31,56 | 119,42 | 193,1 | 871,6 | 16,8 | 0,090 |
| | SEM COM | 1,47563 | 1,47583 | 0,38 | 28,66 | 117,47 | 193,5 | 869,8 | 17,6 | 0,093 |
| 79 | SEM COM | 1,47538 | 1,47603 | 0,37 | 28,68 | 118,45 | - | - | - | - |
| | SEM COM | 1,47603 | 1,47633 | 0,40 | 26,52 | 117,13 | - | - | - | - |
| 96 | SEM COM | 1,47638 | 1,47658 | 0,38 | 36,60 | 116,69 | 194,2 | 866,6 | 21,1 | 0,110 |
| | SEM COM | 1,47658 | 1,47678 | 0,43 | 38,50 | 115,48 | 196,1 | 858,2 | 22,4 | 0,120 |
| 103 | SEM COM | 1,47648 | 1,47658 | 0,45 | 34,58 | 116,00 | - | - | - | - |
| | SEM COM | 1,47658 | 1,47668 | 0,45 | 32,61 | 114,10 | - | - | - | - |
| 120 | SEM COM | 1,47668 | 1,47698 | 0,47 | 26,63 | 112,24 | 195,8 | 859,6 | 27,6 | 0,148 |
| | SEM COM | 1,47698 | 1,47713 | 0,50 | 28,66 | 110,96 | 196,4 | 856,9 | 29,0 | 0,162 |
| 127 | SEM COM | 1,47698 | 1,47713 | 0,47 | 24,80 | 111,52 | - | - | - | - |
| | SEM COM | 1,47713 | 1,47728 | 0,52 | 26,65 | 109,66 | - | - | - | - |
| 144 | SEM COM | 1,47743 | 1,47748 | 0,56 | 23,81 | 109,88 | 197,2 | 853,4 | 35,3 | 0,220 |
| | SEM COM | 1,47748 | 1,47758 | 0,60 | 22,62 | 108,57 | 198,4 | 848,3 | 38,5 | 0,245 |
| 161 | SEM COM | 1,47778 | 1,47783 | 0,57 | 18,68 | 109,88 | - | - | - | - |
| | SEM COM | 1,47783 | 1,47788 | 0,64 | 20,79 | 108,69 | - | - | - | - |
| 168 | SEM COM | 1,47803 | 1,47828 | 0,68 | 19,86 | 108,07 | 198,0 | 850,0 | 46,2 | 0,318 |
| | SEM COM | 1,47828 | 1,47843 | 0,71 | 16,78 | 106,38 | 199,7 | 842,8 | 50,5 | 0,369 |

* = Razão entre o tempo de escoamento do óleo e o tempo de escoamento da água destilada, a 25°C.

QUADRO VI - ÍNDICE DE REFRAÇÃO A 25°C

| TEMPO DE AQUECIMENTO (HORAS) | TRATAMENTO (BATATA) | ALGODÃO | AMENDOIM | ARROZ | MILHO | SOJA |
|------------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 0 | | 1,47109 1,47109 | 1,47327 1,47327 | 1,47075 1,47075 | 1,47076 1,47076 | 1,47318 1,47318 |
| 7 | SEM COM | 1,47149 1,47129 | 1,47387 1,47362 | 1,47125 1,47100 | 1,47111 1,47131 | 1,47343 1,47363 |
| 24 | SEM COM | 1,47209 1,47189 | 1,47462 1,47447 | 1,47170 1,47160 | 1,47176 1,47181 | 1,47413 1,47443 |
| 31 | SEM COM | 1,47279 1,47234 | 1,47492 1,47487 | 1,47200 1,47180 | 1,47206 1,47211 | 1,47433 1,47448 |
| 48 | SEM COM | 1,47314 1,47314 | 1,47532 1,47547 | 1,47200 1,47225 | 1,47291 1,47276 | 1,47488 1,47518 |
| 55 | SEM COM | 1,47348 1,47348 | 1,47531 1,47581 | 1,47250 1,47260 | 1,47306 1,47311 | 1,47488 1,47528 |
| 72 | SEM COM | 1,47448 1,47448 | 1,47656 1,47656 | 1,47280 1,47295 | 1,47331 1,47371 | 1,47543 1,47563 |
| 79 | SEM COM | 1,47448 1,47433 | 1,47706 1,47661 | 1,47330 1,47325 | 1,47351 1,47376 | 1,47598 1,47603 |
| 96 | SEM COM | 1,47448 1,47473 | 1,47736 1,47721 | 1,47330 1,47375 | 1,47366 1,47431 | 1,47636 1,47658 |
| 103 | SEM COM | 1,47548 1,47513 | 1,47781 1,47776 | 1,47400 1,47395 | 1,47381 1,47411 | 1,47648 1,47658 |
| 120 | SEM COM | 1,47583 1,47553 | 1,47806 1,47811 | 1,47405 1,47450 | 1,47451 1,47471 | 1,47663 1,47688 |
| 127 | SEM COM | 1,47613 1,47528 | 1,47826 1,47831 | 1,47490 1,47490 | 1,47481 1,47481 | 1,47698 1,47713 |
| 144 | SEM COM | 1,47648 1,47623 | 1,47881 1,47886 | 1,47505 1,47540 | 1,47486 1,47491 | 1,47743 1,47748 |
| 151 | SEM COM | 1,47657 1,47687 | 1,47911 1,47906 | 1,47510 1,47540 | 1,47511 1,47521 | 1,47778 1,47783 |
| 168 | SEM COM | 1,47737 1,47712 | 1,47956 1,47931 | 1,47560 1,47580 | 1,47551 1,47541 | 1,47803 1,47828 |
| MÉDIAS | SEM COM | 1,47437 1,47419 | 1,47667 1,47663 | 1,47322 1,47333 | 1,47338 1,47352 | 1,47573 1,47591 |

QUADRO VII - ÁCIDOS GRAXOS LIVRES %
(ácido oléico)

| TEMPO DE AQUECIMENTO (HORAS) | TRATAMENTO (BATATA) | ALGODÃO | AMENDOIM | ARROZ | MILHO | SOJA |
|------------------------------------|------------------------|---------|----------|-------|-------|------|
| 0 | - | 0,09 | 0,11 | 0,33 | 0,08 | 0,08 |
| | - | 0,09 | 0,11 | 0,33 | 0,08 | 0,08 |
| 7 | SEM | 0,12 | 0,14 | 0,35 | 0,10 | 0,11 |
| | COM | 0,11 | 0,12 | 0,36 | 0,10 | 0,11 |
| 24 | SEM | 0,29 | 0,21 | 0,50 | 0,19 | 0,16 |
| | COM | 0,22 | 0,18 | 0,49 | 0,20 | 0,18 |
| 31 | SEM | 0,35 | 0,25 | 0,51 | 0,24 | 0,20 |
| | COM | 0,26 | 0,25 | 0,53 | 0,23 | 0,22 |
| 48 | SEM | 0,47 | 0,27 | 0,61 | 0,31 | 0,27 |
| | COM | 0,43 | 0,31 | 0,61 | 0,34 | 0,29 |
| 55 | SEM | 0,52 | 0,34 | 0,65 | 0,35 | 0,32 |
| | COM | 0,47 | 0,34 | 0,68 | 0,35 | 0,31 |
| 72 | SEM | 0,63 | 0,40 | 0,78 | 0,40 | 0,35 |
| | COM | 0,66 | 0,36 | 0,79 | 0,43 | 0,38 |
| 79 | SEM | 0,69 | 0,37 | 0,83 | 0,42 | 0,37 |
| | COM | 0,67 | 0,40 | 0,79 | 0,47 | 0,40 |
| 96 | SEM | 0,78 | 0,44 | 0,90 | 0,50 | 0,38 |
| | COM | 0,74 | 0,39 | 0,95 | 0,53 | 0,43 |
| 103 | SEM | 0,82 | 0,41 | 0,95 | 0,53 | 0,45 |
| | COM | 0,80 | 0,38 | 0,93 | 0,57 | 0,45 |
| 120 | SEM | 0,89 | 0,41 | 1,01 | 0,61 | 0,47 |
| | COM | 0,83 | 0,51 | 1,06 | 0,63 | 0,50 |
| 127 | SEM | 0,94 | 0,47 | 1,06 | 0,65 | 0,47 |
| | COM | 0,88 | 0,45 | 1,10 | 0,65 | 0,52 |
| 144 | SEM | 0,99 | 0,49 | 1,13 | 0,76 | 0,56 |
| | COM | 0,96 | 0,51 | 1,22 | 0,75 | 0,60 |
| 151 | SEM | 1,10 | 0,52 | 1,19 | 0,79 | 0,57 |
| | COM | 0,99 | 0,45 | 1,19 | 0,76 | 0,64 |
| 168 | SEM | 1,16 | 0,48 | 1,28 | 0,88 | 0,68 |
| | COM | 1,06 | 0,47 | 1,34 | 0,90 | 0,71 |
| MÉDIAS | SEM | 0,66 | 0,35 | 0,81 | 0,45 | 0,36 |
| | COM | 0,61 | 0,35 | 0,83 | 0,47 | 0,39 |

QUADRO VIII - ÍNDICE DE PERÓXIDOS (meq/Kg)

| TEMPO DE AQUECIMENTO (HORAS) | TRATAMENTO (BATATA) | ALGODÃO | AMENDOIM | ARROZ | MILHO | SOJA |
|------------------------------------|------------------------|---------|----------|-------|-------|-------|
| 0 | - | 0,01 | 0,98 | 9,00 | 2,46 | 5,93 |
| | - | 0,01 | 0,98 | 9,00 | 2,46 | 5,93 |
| 7 | SEM | 3,92 | 27,13 | 32,97 | 37,55 | 38,54 |
| | COM | 4,87 | 28,60 | 35,93 | 40,51 | 40,55 |
| 24 | SEM | 11,74 | 24,41 | 42,08 | 65,74 | 36,78 |
| | COM | 14,71 | 23,39 | 34,02 | 58,65 | 35,47 |
| 31 | SEM | 16,60 | 21,61 | 28,19 | 57,43 | 35,64 |
| | COM | 21,40 | 20,71 | 29,96 | 57,43 | 36,96 |
| 48 | SEM | 9,73 | 19,72 | 26,08 | 63,12 | 35,50 |
| | COM | 17,82 | 18,66 | 22,06 | 59,29 | 33,73 |
| 55 | SEM | 9,73 | 18,66 | 17,26 | 56,38 | 33,66 |
| | COM | 13,67 | 17,72 | 19,90 | 59,41 | 30,85 |
| 72 | SEM | 10,83 | 16,63 | 20,14 | 46,35 | 31,56 |
| | COM | 12,62 | 16,73 | 19,35 | 47,38 | 28,66 |
| 79 | SEM | 10,66 | 16,93 | 18,21 | 41,42 | 28,68 |
| | COM | 10,93 | 19,61 | 15,17 | 43,48 | 26,52 |
| 96 | SEM | 4,88 | 12,85 | 14,24 | 39,20 | 36,60 |
| | COM | 6,68 | 13,89 | 13,37 | 39,06 | 38,50 |
| 103 | SEM | 5,84 | 13,81 | 13,42 | 31,50 | 34,58 |
| | COM | 6,76 | 14,71 | 14,27 | 32,54 | 32,61 |
| 120 | SEM | 2,89 | 12,65 | 9,35 | 31,56 | 26,63 |
| | COM | 4,88 | 12,80 | 10,27 | 29,64 | 28,66 |
| 127 | SEM | 2,94 | 10,54 | 10,33 | 22,73 | 24,80 |
| | COM | 2,92 | 11,79 | 10,33 | 27,72 | 26,65 |
| 144 | SEM | 2,96 | 9,88 | 12,33 | 23,81 | 23,81 |
| | COM | 4,86 | 9,90 | 9,43 | 24,70 | 22,62 |
| 151 | SEM | 4,89 | 9,77 | 8,42 | 23,86 | 18,68 |
| | COM | 7,78 | 10,76 | 10,38 | 23,62 | 20,79 |
| 168 | SEM | 2,91 | 9,80 | 10,40 | 23,74 | 19,86 |
| | COM | 4,88 | 8,91 | 8,43 | 25,82 | 16,78 |
| MÉDIAS | SEM | 6,70 | 15,02 | 18,16 | 37,72 | 28,75 |
| | COM | 8,99 | 15,28 | 17,46 | 38,11 | 28,35 |

QUADRO IX - ÍNDICE DE IODO (g.I₂/100g)

| TEMPO DE TRATAMENTO (HORAS) | TRATAMENTO (BATATA) | ALGODÃO | AMENDOIM | ARROZ | MILHO | SOJA |
|-----------------------------|---------------------|---------|----------|-------|--------|--------|
| | | | | | | |
| 0 | - | 111,12 | 132,17 | 99,93 | 112,58 | 132,15 |
| | - | 111,12 | 132,17 | 99,93 | 112,58 | 132,15 |
| 7 | SEM | 109,90 | 130,11 | 99,54 | 111,40 | 131,85 |
| | COM | 109,65 | 130,95 | 99,39 | 111,50 | 131,75 |
| 24 | SEM | 105,79 | 125,45 | 96,95 | 108,74 | 128,39 |
| | COM | 106,30 | 125,96 | 94,83 | 108,40 | 127,90 |
| 31 | SEM | 104,02 | 123,70 | 95,31 | 107,34 | 127,31 |
| | COM | 103,97 | 123,96 | 93,83 | 106,59 | 126,28 |
| 48 | SEM | 100,40 | 119,67 | 92,77 | 105,15 | 124,46 |
| | COM | 101,55 | 119,30 | 91,76 | 104,44 | 123,69 |
| 55 | SEM | 98,78 | 117,68 | 90,29 | 103,15 | 121,92 |
| | COM | 101,24 | 118,56 | 90,17 | 101,33 | 120,94 |
| 72 | SEM | 97,16 | 115,02 | 88,45 | 100,87 | 119,42 |
| | COM | 98,18 | 116,09 | 87,90 | 100,45 | 117,47 |
| 79 | SEM | 93,95 | 113,21 | 87,80 | 100,14 | 118,45 |
| | COM | 94,59 | 114,08 | 87,24 | 99,65 | 117,13 |
| 96 | SEM | 91,56 | 111,01 | 86,21 | 98,44 | 116,69 |
| | COM | 93,22 | 111,38 | 84,82 | 97,69 | 115,48 |
| 103 | SEM | 90,81 | 110,30 | 84,96 | 97,03 | 116,00 |
| | COM | 92,26 | 110,82 | 83,89 | 96,50 | 114,10 |
| 120 | SEM | 89,31 | 105,96 | 80,57 | 92,93 | 112,24 |
| | COM | 90,30 | 106,94 | 79,95 | 93,25 | 110,96 |
| 127 | SEM | 89,06 | 105,52 | 80,46 | 92,95 | 111,52 |
| | COM | 89,75 | 106,30 | 79,43 | 92,12 | 109,66 |
| 144 | SEM | 85,16 | 104,01 | 80,00 | 91,34 | 109,88 |
| | COM | 86,84 | 104,83 | 78,49 | 91,14 | 108,57 |
| 151 | SEM | 84,71 | 103,46 | 78,80 | 91,76 | 109,88 |
| | COM | 85,69 | 103,59 | 77,93 | 90,74 | 108,69 |
| 168 | SEM | 83,00 | 101,80 | 78,53 | 90,74 | 108,07 |
| | COM | 84,35 | 103,27 | 77,51 | 90,13 | 106,38 |
| MÉDIAS | SEM | 95,65 | 114,61 | 88,04 | 100,30 | 119,22 |
| | COM | 96,60 | 115,21 | 87,14 | 99,77 | 118,08 |

QUADRO X - ÍNDICE DE SAPONIFICAÇÃO

| TEMPO DE AQUECIMENTO (HORAS) | TRATAMENTO (BATATAS) | ALGODÃO | AMENDOIM | ARROZ | MILHO | SOJA |
|------------------------------|----------------------|---------|----------|-------|-------|-------|
| 0 | - | 193,7 | 192,5 | 187,7 | 188,6 | 189,6 |
| | - | 193,7 | 192,5 | 187,7 | 188,6 | 189,6 |
| 24 | SEM | 195,0 | 193,7 | 188,7 | 190,7 | 190,2 |
| | COM | 196,0 | 194,8 | 188,4 | 191,8 | 191,3 |
| 48 | SEM | 197,1 | 195,8 | 190,6 | 192,7 | 191,9 |
| | COM | 196,0 | 195,5 | 191,3 | 192,4 | 191,0 |
| 72 | SEM | 198,8 | 197,0 | 191,9 | 193,5 | 193,1 |
| | COM | 198,5 | 197,9 | 191,9 | 192,6 | 193,5 |
| 96 | SEM | 199,3 | 198,5 | 193,8 | 194,6 | 194,2 |
| | COM | 200,1 | 199,8 | 194,2 | 194,9 | 196,1 |
| 120 | SEM | 202,3 | 199,5 | 195,6 | 194,9 | 195,8 |
| | COM | 201,6 | 200,7 | 195,8 | 195,3 | 196,4 |
| 144 | SEM | 202,4 | 201,3 | 197,1 | 195,2 | 197,2 |
| | COM | 202,7 | 201,3 | 196,7 | 196,3 | 198,4 |
| 168 | SEM | 204,2 | 201,8 | 196,2 | 197,4 | 198,0 |
| | COM | 202,3 | 201,1 | 196,9 | 197,9 | 199,7 |
| MÉDIAS | SEM | 199,1 | 197,5 | 192,7 | 193,4 | 193,7 |
| | COM | 198,9 | 197,9 | 192,9 | 193,7 | 194,5 |

QUADRO XI - PÊSO MOLECULAR MÉDIO DO ÓLEO

| TEMPO DE AQUECIMENTO (HORAS) | TRATAMENTO (BATATA) | ALGODÃO | AMENDOIM | ARROZ | MILHO | SOJA |
|------------------------------------|------------------------|---------|----------|-------|-------|-------|
| 0 | - | 868,9 | 874,1 | 896,4 | 892,4 | 887,4 |
| | - | 868,9 | 874,1 | 896,4 | 892,4 | 887,4 |
| 24 | SEM | 863,1 | 868,9 | 891,9 | 882,5 | 888,0 |
| | COM | 858,7 | 864,0 | 893,3 | 877,5 | 879,8 |
| 48 | SEM | 853,9 | 859,6 | 883,0 | 873,4 | 977,0 |
| | COM | 858,7 | 860,9 | 879,8 | 874,7 | 881,2 |
| 72 | SEM | 846,6 | 854,3 | 877,0 | 869,8 | 871,6 |
| | COM | 847,9 | 850,4 | 877,0 | 873,8 | 869,8 |
| 96 | SEM | 844,5 | 847,9 | 868,4 | 864,9 | 866,6 |
| | COM | 841,1 | 842,3 | 866,6 | 863,5 | 858,2 |
| 120 | SEM | 831,9 | 843,6 | 860,4 | 863,5 | 859,6 |
| | COM | 834,6 | 838,6 | 859,5 | 861,0 | 855,9 |
| 144 | SEM | 831,5 | 836,1 | 853,9 | 862,2 | 853,4 |
| | COM | 830,3 | 836,1 | 855,6 | 857,4 | 848,3 |
| 168 | SEM | 824,2 | 834,0 | 857,8 | 852,6 | 850,0 |
| | COM | 831,9 | 836,9 | 854,6 | 850,4 | 842,8 |
| MÉDIAS | SEM | 845,6 | 852,3 | 873,6 | 870,2 | 869,2 |
| | COM | 846,5 | 850,4 | 872,9 | 868,9 | 865,5 |

QUADRO XII - VISCOSIDADE*

| TEMPO DE AQUECIMENTO (HORAS) | TRATAMENTO (BATATAS) | ALGODÃO | AMENDOIM | ARROZ | MILHO | SOJA |
|------------------------------------|-------------------------|---------|----------|-------|-------|------|
| 0 | - | 8,7 | 9,2 | 11,4 | 9,0 | 8,3 |
| | - | 8,7 | 9,2 | 11,4 | 9,0 | 8,3 |
| 24 | SEM | 12,1 | 12,8 | 14,0 | 11,0 | 10,3 |
| | COM | 11,6 | 13,0 | 14,4 | 11,0 | 10,4 |
| 48 | SEM | 16,6 | 18,9 | 18,5 | 13,8 | 13,1 |
| | COM | 15,7 | 18,8 | 19,5 | 14,0 | 13,5 |
| 72 | SEM | 22,7 | 26,8 | 24,2 | 17,3 | 16,8 |
| | COM | 21,5 | 26,8 | 25,4 | 17,5 | 17,6 |
| 96 | SEM | 30,7 | 37,2 | 31,1 | 21,4 | 21,1 |
| | COM | 29,4 | 36,5 | 32,5 | 22,1 | 22,4 |
| 120 | SEM | 43,5 | 51,8 | 40,1 | 26,8 | 21,6 |
| | COM | 39,8 | 51,1 | 42,1 | 27,5 | 29,0 |
| 144 | SEM | 55,8 | 73,2 | 50,2 | 34,4 | 35,8 |
| | COM | 51,5 | 70,1 | 53,2 | 34,4 | 38,5 |
| 168 | SEM | 75,5 | 102,2 | 65,2 | 41,4 | 46,2 |
| | COM | 66,1 | 92,3 | 69,0 | 42,5 | 50,5 |
| MÉDIAS | SEM | 33,2 | 41,5 | 31,8 | 21,9 | 22,4 |
| | COM | 30,5 | 39,7 | 33,4 | 22,2 | 23,8 |

* = Razão entre o tempo de escoamento do óleo e o tempo de escoamento da água destilada, a 25°C

QUADRO XIII - ABSORBÂNCIA A 500 nm (CÔR)

| TEMPO DE AQUECIMENTO (HORAS) | TRATAMENTO (BATATA) | ALGODÃO | AMENDOIM | ARROZ | MILHO | SOJA |
|------------------------------------|------------------------|---------|----------|-------|-------|-------|
| 0 | - | 0,298 | 0,173 | 0,921 | 0,208 | 0,169 |
| | - | 0,298 | 0,173 | 0,921 | 0,208 | 0,169 |
| 24 | SEM | 0,245 | 0,065 | 0,721 | 0,088 | 0,109 |
| | COM | 0,238 | 0,066 | 0,714 | 0,083 | 0,120 |
| 48 | SEM | 0,285 | 0,087 | 0,796 | 0,053 | 0,085 |
| | COM | 0,268 | 0,092 | 0,866 | 0,055 | 0,091 |
| 72 | SEM | 0,332 | 0,117 | 0,963 | 0,051 | 0,090 |
| | COM | 0,355 | 0,121 | 1,004 | 0,062 | 0,093 |
| 96 | SEM | 0,510 | 0,180 | 1,086 | 0,061 | 0,110 |
| | COM | 0,525 | 0,171 | 1,201 | 0,076 | 0,120 |
| 120 | SEM | 0,615 | 0,261 | 1,284 | 0,100 | 0,148 |
| | COM | 0,695 | 0,250 | 1,387 | 0,114 | 0,162 |
| 144 | SEM | 0,880 | 0,360 | 1,456 | 0,152 | 0,220 |
| | COM | 0,870 | 0,355 | 1,444 | 0,138 | 0,245 |
| 168 | SEM | 1,125 | 0,473 | 1,523 | 0,197 | 0,318 |
| | COM | 1,086 | 0,539 | 1,538 | 0,210 | 0,369 |
| MÉDIAS | SEM | 0,536 | 0,214 | 1,094 | 0,114 | 0,156 |
| | COM | 0,542 | 0,221 | 1,134 | 0,118 | 0,171 |

QUADRO XIV - ÓLEO DE ALCODÃO

Porcentagem de aumento ou de diminuição dos diversos componentes, em relação ao óleo original.

| TEMPO DE AQUECIMENTO (HORAS) | TREATMENTO COM RATATA | ÍNDICE DE REFRAÇÃO (n) _D ²⁰ | ÍNDICE DE REFRAÇÃO (n) _D ²⁰ | ÁCIDOS GRAXOS LÍQUIDOS (ac.oléico) % | ÍNDICE DE PERDIDAS (mg/Kg) | ÍNDICE DE ÍNDICE DE TUDO ($\rho_{12}/100g$) | ÍNDICE DE SAPONIFICAÇÃO (mg KOH/lg) | PESO MOLE- CULAR MF- DIO DO ÓLEO | VISCOSIDADE | ABSOR- PÂNCIA A 500 m μ |
|------------------------------------|-----------------------------|---|---|--|----------------------------------|--|---|---|--------------------|--------------------------------------|
| 0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 7 | SEM COM | + 0,03 + 0,01 | + 39.100,0 + 48.600,0 | - 1,1 - 1,3 | - | - | - | - | - | - |
| 24 | SEM COM | + 0,04 + 0,04 | + 188,9 + 122,2 | - 3,7 - 3,0 | + 0,7 + 1,2 | - 0,7 - 1,2 | - | + 39,1 + 33,3 | - 17,8 - 20,1 | - |
| 31 | SEM COM | + 0,05 + 0,03 | + 66,7 + 44,4 | - 1,6 - 2,1 | - | - | - | - | - | - |
| 48 | SEM COM | + 0,02 + 0,05 | + 133,3 + 188,9 | - 3,3 - 2,2 | + 1,1 0,0 | - 1,1 0,0 | - | + 51,7 + 47,1 | + 13,4 + 10,1 | - |
| 55 | SEM COM | + 0,02 + 0,02 | + 55,6 + 44,4 | - 1,5 - 0,3 | - | - | - | - | - | - |
| 72 | SEM COM | + 0,07 + 0,07 | + 122,2 + 211,1 | - 1,5 - 2,8 | + 0,9 + 1,3 | - 0,8 - 1,2 | - | + 70,7 + 66,7 | + 15,8 + 29,2 | - |
| 79 | SEM COM | 0,00 - 0,01 | + 66,7 + 11,1 | - 2,9 - 3,2 | - | - | - | - | - | - |
| 96 | SEM COM | 0,00 + 0,03 | + 100,0 + 77,8 | - 2,2 - 1,2 | + 0,3 + 0,8 | - 0,2 - 0,8 | - | + 92,0 + 90,8 | + 59,7 + 57,0 | - |
| 103 | SEM COM | + 0,07 + 0,03 | + 44,4 + 66,7 | - 0,7 - 0,9 | - | - | - | - | - | - |
| 120 | SEM COM | + 0,02 + 0,03 | + 77,8 + 33,3 | - 1,3 - 1,3 | + 1,5 + 0,8 | - 1,5 - 0,7 | - | + 147,1 + 119,5 | + 35,2 + 57,0 | - |
| 127 | SEM COM | + 0,02 - 0,02 | + 55,6 + 55,6 | - 0,2 - 0,5 | - | - | - | - | - | - |
| 144 | SEM COM | + 0,02 + 0,06 | + 55,6 + 88,9 | - 3,5 - 2,6 | + 0,1 + 0,6 | - 0,0 - 0,5 | - | + 141,4 + 134,5 | + 88,9 + 58,7 | - |
| 151 | SEM COM | + 0,01 + 0,04 | + 122,2 + 33,3 | - 0,4 - 1,0 | - | - | - | - | - | - |
| 168 | SEM COM | + 0,05 + 0,02 | + 66,7 + 77,8 | - 1,5 - 1,2 | + 0,9 - 0,2 | - 0,8 + 0,2 | - | + 226,4 + 167,8 | + 82,2 + 72,5 | - |
| TOTALS | SEM COM | + 0,42 + 0,40 | + 1189,0 + 1077,7 | - 25,4 - 24,1 | + 5,5 + 4,5 | - 5,1 - 4,2 | - | + 767,8 + 659,7 | + 277,4 + 264,4 | - |

QUADRO XV - ÓLEO DE AMENDOIM

Porcentagem de aumento ou de diminuição dos diversos componentes, em relação ao óleo original.

| TEMPO DE -AQUECIMENTO (HORAS) | TREATAMENTO COM BATATA | ÍNDICE DE REFRAÇÃO (n) _D | ÍNDICE DE ÁCIDOS GRAXOS LIVRES (ác.oleico) % | ÍNDICE DE PERÓXIDOS (meq/Kg) | ÍNDICE DE IODO (gI ₂ /100g) | ÍNDICE DE SAPONIFICAÇÃO (mg KOH/lp) | PESO MOLE CULAR ME- DIO DO ÓLEO | VISCOSIDADE | ABSOR- RÂNCIA A 500 nm |
|-------------------------------------|------------------------------|---|---|------------------------------------|--|---|--|---------------------|---------------------------------|
| 0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 7 | SEM COM | + 0,04 + 0,02 | + 27,3 + 9,1 | + 2.668,4 + 2.818,4 | - 1,6 - 0,9 | - | - | - | - |
| 24 | SEM COM | + 0,05 + 0,06 | + 63,6 + 54,5 | - 277,6 - 531,6 | - 3,5 - 3,8 | + 0,6 + 1,2 | - 0,6 - 1,2 | + 39,1 + 41,3 | - 62,4 - 61,8 |
| 31 | SEM COM | + 0,02 + 0,03 | + 36,4 + 63,6 | - 285,7 - 273,5 | - 1,3 - 1,5 | - | - | - | - |
| 48 | SEM COM | + 0,03 + 0,04 | + 18,2 + 54,5 | - 192,9 - 209,2 | - 3,0 - 3,5 | + 1,1 + 0,4 | - 1,1 - 0,4 | + 66,3 + 63,0 | + 12,7 + 15,0 |
| 55 | SEM COM | + 0,00 + 0,02 | + 63,6 + 27,3 | - 108,2 - 95,9 | - 1,5 - 0,6 | - | - | - | - |
| 72 | SEM COM | + 0,08 + 0,05 | + 54,5 + 18,2 | - 207,1 - 101,0 | - 2,0 - 1,9 | + 0,6 + 1,2 | - 0,6 - 1,2 | + 85,9 + 87,0 | + 17,3 + 16,8 |
| 79 | SEM COM | + 0,03 + 0,00 | + 27,3 + 36,4 | + 30,6 + 293,9 | - 1,4 - 1,5 | - | - | - | - |
| 96 | SEM COM | + 0,02 + 0,04 | + 63,6 - 9,1 | - 416,3 - 583,7 | - 1,7 - 2,0 | + 0,8 + 1,0 | - 0,7 - 0,9 | + 113,0 + 105,4 | + 36,4 + 28,9 |
| 103 | SEM COM | + 0,03 + 0,04 | + 27,3 - 9,1 | + 98,0 + 83,7 | - 0,5 - 0,4 | - | - | - | - |
| 120 | SEM COM | + 0,02 + 0,02 | + 0,0 + 118,2 | - 118,4 - 194,9 | - 3,3 - 2,9 | + 0,5 + 0,5 | - 0,5 - 0,4 | + 158,7 + 158,7 | + 46,8 + 45,7 |
| 127 | SEM COM | + 0,01 + 0,01 | + 54,5 - 54,5 | - 215,3 - 103,1 | - 0,3 - 0,5 | - | - | - | - |
| 144 | SEM COM | + 0,04 + 0,04 | + 18,2 + 54,5 | - 67,3 - 192,9 | - 1,1 - 1,1 | + 0,9 + 0,3 | - 0,9 - 0,3 | + 232,6 + 206,5 | + 57,2 + 60,7 |
| 151 | SEM COM | + 0,02 + 0,01 | + 27,3 - 54,5 | - 11,2 + 87,8 | - 0,4 - 0,9 | - | - | - | - |
| 168 | SEM COM | + 0,03 + 0,02 | + 36,4 + 18,2 | + 3,1 - 118,8 | - 1,3 - 0,2 | + 0,3 - 0,1 | - 0,2 + 0,1 | + 315,2 + 241,3 | + 65,3 + 106,4 |
| TOTAIS | SEM COM | + 0,42 + 0,40 | + 336,2 + 327,3 | + 900,1 + 809,2 | -22,9 -21,7 | + 4,8 + 4,5 | - 4,6 - 4,3 | + 1010,8 + 903,2 | + 173,3 + 211,7 |

QUADRO XVI - ÓLEO DE AFROZ

Porcentagem de aumento ou de diminuição dos diversos componentes em relação ao óleo original.

| TEMPO DE AQUECIMENTO (HORAS) | TRATAMENTO COM BATATA | ÍNDICE DE REFRAÇÃO (n) _D 20 | ÁCIDOS GRAXOS LIVRES (ác.oléico) % | ÍNDICE DE IODO PERÓXIDOS (eqI ₂ /100g) | ÍNDICE DE SAPONIFICAÇÃO (mg KOH/1g) | PESO MOLE CULAR MÉDIO DO ÓLEO | VISCOSIDADE A 500 nm | ARSOP BANCIA A |
|------------------------------|-----------------------|--|------------------------------------|---|-------------------------------------|-------------------------------|----------------------|------------------|
| 0 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 7 | SEM COM | + 0,03 + 0,02 | + 6,1 + 9,1 | + 266,3 + 299,2 | - 0,4 - 0,5 | - | - | - |
| 24 | SEM COM | + 0,03 + 0,04 | + 45,5 + 39,4 | + 101,2 - 21,2 | + 2,6 + 4,6 | + 0,5 - 0,3 | + 22,8 + 26,3 | - 21,7 - 22,5 |
| 31 | SEM COM | + 0,02 + 0,01 | + 3,0 + 12,1 | - 154,3 - 45,1 | - 1,6 - 1,0 | - | - | - |
| 48 | SEM COM | 0,00 + 0,03 | + 30,3 + 24,2 | - 23,4 - 87,8 | - 2,5 - 2,1 | + 1,0 + 1,5 | + 39,5 + 44,7 | + 8,1 + 16,5 |
| 55 | SEM COM | + 0,03 + 0,02 | + 12,1 + 21,2 | - 98,0 - 24,0 | - 2,5 - 1,6 | - | - | - |
| 72 | SEM COM | + 0,02 + 0,02 | + 39,4 + 33,3 | + 32,0 - 6,1 | - 1,8 - 2,3 | + 0,7 + 0,3 | + 50,0 + 51,8 | + 18,1 + 15,0 |
| 79 | SEM COM | + 0,03 + 0,02 | + 15,2 0,0 | - 21,4 - 46,4 | - 0,7 - 0,7 | - | - | - |
| 96 | SEM COM | 0,00 + 0,03 | + 21,2 + 48,5 | - 44,1 - 20,0 | - 1,6 - 2,4 | + 1,0 + 1,2 | + 60,5 + 62,3 | + 13,4 + 21,4 |
| 103 | SEM COM | + 0,05 + 0,01 | + 15,2 6,1 | - 9,1 + 10,0 | - 1,3 - 0,9 | - | - | - |
| 120 | SEM COM | 0,00 + 0,04 | + 18,2 + 39,4 | - 45,2 - 44,4 | - 4,4 - 3,9 | + 1,0 + 0,9 | + 78,9 + 84,2 | + 21,5 + 20,2 |
| 127 | SEM COM | + 0,06 + 0,03 | + 15,2 + 12,1 | + 10,9 + 0,7 | - 0,1 - 0,5 | - | - | - |
| 144 | SEM COM | + 0,01 + 0,03 | + 21,2 + 36,4 | + 22,2 - 10,0 | - 0,5 - 0,9 | + 0,8 + 0,5 | + 88,6 + 97,4 | + 18,7 + 6,2 |
| 151 | SEM COM | 0,00 0,00 | + 18,2 - 9,1 | - 43,4 + 10,6 | - 1,2 - 0,6 | - | - | - |
| 168 | SEM COM | + 0,03 + 0,03 | + 27,3 + 45,5 | + 22,0 - 21,7 | - 0,3 + 0,4 | - 0,5 + 0,1 | + 131,6 + 138,6 | + 7,3 + 10,2 |
| TOTAIS | SEM COM | + 0,31 + 0,33 | + 288,1 + 306,0 | + 15,7 - 6,2 | - 21,5 - 22,4 | + 4,5 + 4,9 | + 471,9 + 505,3 | + 65,4 + 67,0 |

QUADRO XVII - ÓLEO DE MILHO

Porcentagem de aumento ou de diminuição dos diversos componentes em relação ao óleo original.

| TEMPO DE AQUECIMENTO (HORAS) | TRATAMENTO COM BATATA | ÍNDICE DE REFRACÇÃO (n) _D | ÍNDICE DE ÁCIDOS CRAXOS LIVRES (ác.oleico) % | PERÓXIDOS (meq/Kg) | ÍNDICE DE SAPONIFICAÇÃO (gI ₂ /100g) | ÍNDICE DE SAPONIFICAÇÃO (mg KOH/1g) | PESO MOLE CULAR ME-DIO DO ÓLEO | APSORÇÃO DE RÂNCIA A 500 nm | VISCOSIDADE |
|------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|--|----------------------|---|-------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|------------------|
| 0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 7 | SEM COM | + 0,02 + 0,04 | + 25,0 + 25,0 | + 1426,4 + 1546,7 | - 1,0 - 1,0 | - | - | - | - |
| 24 | SEM COM | + 0,04 + 0,03 | + 112,5 + 125,0 | + 1145,9 + 737,4 | - 2,4 - 2,8 | + 1,1 + 1,7 | - 1,1 - 1,7 | + 22,2 + 22,2 | 57,7 - 60,1 |
| 31 | SEM COM | + 0,02 + 0,02 | + 62,5 + 37,5 | - 337,3 - 49,5 | - 1,2 - 1,6 | - | - | - | - |
| 48 | SEM COM | + 0,06 + 0,04 | + 87,5 + 137,5 | + 231,3 + 75,5 | - 1,8 - 1,9 | + 1,1 + 0,3 | - 1,0 - 0,3 | + 31,1 + 33,3 | - 16,8 - 13,5 |
| 55 | SEM COM | + 0,01 + 0,02 | + 50,0 + 12,5 | - 274,0 + 4,9 | - 1,8 - 2,8 | - | - | - | - |
| 72 | SEM COM | + 0,02 + 0,04 | + 62,5 + 100,0 | - 407,7 - 489,0 | - 2,0 - 0,8 | + 0,4 + 0,1 | - 0,4 - 0,1 | + 38,9 + 38,9 | - 1,0 + 3,4 |
| 79 | SEM COM | + 0,01 0,00 | + 25,0 + 50,0 | - 200,4 - 158,5 | - 0,6 - 0,7 | - | - | - | - |
| 96 | SEM COM | + 0,01 + 0,04 | + 100,0 + 75,0 | - 130,9 - 179,7 | - 1,5 - 1,7 | + 0,6 + 1,2 | - 0,5 - 1,2 | + 45,6 + 51,1 | + 4,8 + 6,7 |
| 103 | SEM COM | + 0,01 - 0,01 | + 37,5 + 50,0 | - 272,4 - 265,0 | - 1,3 - 1,1 | - | - | - | - |
| 120 | SEM COM | + 0,05 + 0,04 | + 100,0 + 75,0 | + 2,4 - 117,9 | - 3,6 - 2,9 | + 0,2 + 0,2 | - 0,2 - 0,2 | + 60,0 + 60,0 | + 18,7 + 18,3 |
| 127 | SEM COM | + 0,02 + 0,01 | + 50,0 + 25,0 | - 358,9 - 78,0 | - 0,0 - 1,0 | - | - | - | - |
| 144 | SEM COM | 0,00 + 0,01 | + 137,5 + 125,0 | + 43,9 - 122,8 | - 1,4 - 0,9 | + 0,2 + 0,5 | - 0,1 - 0,5 | + 84,4 + 76,7 | + 25,0 + 11,5 |
| 151 | SEM COM | + 0,02 + 0,02 | + 37,5 + 12,5 | + 2,0 - 43,9 | + 0,4 - 0,4 | - | - | - | - |
| 168 | SEM COM | + 0,03 + 0,01 | + 112,5 + 175,0 | - 4,9 + 89,4 | - 0,9 - 0,5 | + 1,2 + 0,8 | - 1,1 - 0,8 | + 77,8 + 90,0 | + 21,6 + 34,6 |
| TOTALS | SEM COM | + 0,32 + 0,31 | +1000,0 +1025,0 | + 864,9 + 949,6 | - 19,2 - 20,1 | + 4,8 + 4,8 | - 4,4 - 4,8 | + 360,0 + 372,2 | - 5,4 + 0,9 |

QUADRO XVIII - ÓLEO DE SOJA

Porcentagem de aumento ou de diminuição dos diversos componentes, em relação ao óleo original.

| TEMPO DE AQUECIMENTO (HORAS) | TREATAMENTO COM BATATA | ÍNDICE DE REFRAÇÃO (n) _D | ÍNDICE DE LÍQUIDOS (ác. oleico) % | ÍNDICE DE PERÓXIDOS (meq/Kg) | ÍNDICE DE SAPONIFICAÇÃO (mg KOH/lp) | ÍNDICE DE PESO MOLE CULAR ME- DIO | VISCOSIDADE DINÂMICA 500 nm |
|------------------------------------|------------------------------|---|---|------------------------------------|---|--|-----------------------------------|
| 0 | - | - | - | - | - | - | - |
| 7 | SEM COM | + 0,02 + 0,03 | + 37,5 + 37,5 | + 549,9 + 583,9 | - 0,2 - 0,3 | - | - |
| 24 | SEM COM | + 0,05 + 0,05 | + 62,5 + 87,5 | - 29,7 - 85,7 | + 2,6 - 2,9 | + 0,1 - 0,9 | + 24,1 + 25,3 |
| 31 | SEM COM | + 0,01 0,00 | + 50,0 + 50,0 | - 19,2 + 25,1 | - 0,8 - 1,2 | - | - |
| 48 | SEM COM | + 0,04 + 0,05 | + 87,5 + 87,5 | - 2,4 - 54,5 | - 2,2 - 2,0 | + 0,9 - 0,2 | + 33,7 + 37,3 |
| 55 | SEM COM | 0,00 + 0,01 | + 62,5 + 25,0 | - 31,0 - 48,6 | - 1,9 - 2,1 | - | - |
| 72 | SEM COM | + 0,04 + 0,02 | + 37,5 + 87,5 | - 35,4 - 36,9 | - 1,9 - 2,6 | + 0,6 + 1,3 | + 44,6 + 49,4 |
| 79 | SEM COM | + 0,04 + 0,03 | + 25,0 + 25,0 | - 48,6 - 36,1 | - 0,7 - 0,3 | - | - |
| 96 | SEM COM | + 0,03 + 0,04 | + 12,5 + 37,5 | + 133,6 + 202,0 | - 1,3 - 1,2 | + 0,6 + 1,4 | + 51,8 + 57,8 |
| 103 | SEM COM | + 0,01 0,00 | + 87,5 + 25,0 | - 34,1 - 99,3 | - 0,5 - 1,0 | - | - |
| 120 | SEM COM | + 0,01 + 0,02 | + 25,0 + 62,5 | - 134,1 - 66,6 | - 2,8 - 2,4 | + 0,8 + 0,2 | + 78,3 + 79,5 |
| 127 | SEM COM | + 0,02 + 0,02 | 0,0 + 25,0 | - 30,9 - 33,9 | - 0,5 - 1,0 | - | - |
| 144 | SEM COM | + 0,03 + 0,02 | + 112,5 + 100,0 | - 16,7 - 68,0 | - 1,2 - 0,8 | + 0,7 + 1,1 | + 98,8 + 114,5 |
| 161 | SEM COM | + 0,02 + 0,02 | + 12,5 + 50,0 | - 86,5 - 30,9 | 0,0 + 0,1 | - | - |
| 168 | SEM COM | + 0,02 + 0,03 | + 137,5 + 87,5 | + 19,9 - 67,6 | - 1,4 - 1,7 | + 0,4 + 0,7 | + 125,3 + 144,6 |
| TOTAIS | SEM COM | + 0,34 + 0,34 | + 750,0 + 787,5 | + 234,6 + 182,8 | - 18,0 - 39,4 | + 4,3 + 5,4 | + 456,6 + 508,4 |

QUADRO XIX - ÓLEO DE ALGODÃO

Valores de F:

| DETERMINAÇÕES | TRATAMENTO (BATATA) | TEMPO DE AQUECIMENTO |
|---------------------------------|------------------------|-------------------------|
| Índice de refração | 6,28* | 195,29*** |
| Ácidos graxos livres | 21,43*** | 318,00*** |
| Índice de peróxidos | 17,49*** | 24,28*** |
| Índice de iodo | 25,47*** | 595,70*** |
| Índice de saponificação | n.s. | 51,53*** |
| Peso molecular médio do óleo | n.s. | 53,66*** |
| Viscosidade | 5,83* | 198,07*** |
| Absorbância (côr) | 0,20(n.s.) | 316,61*** |

* = significante ao nível de 5%.

*** = significante ao nível de 1%.

n.s. = não significante

QUADRO XX - ÓLEO DE AMENDOIM

Valores de F:

| DETERMINAÇÕES | TRATAMENTO (BATATA) | TEMPO DE AQUECIMENTO |
|------------------------------|------------------------|-------------------------|
| Índice de refração | 0,33 (n.s.) | 262,67*** |
| Ácidos graxos livres | 0,22 (n.s.) | 36,89*** |
| Índice de peróxidos | 0,77 (n.s.) | 142,52*** |
| Índice de iodo | 24,96** | 1.731,92*** |
| Índice de saponificação | 2,52 (n.s.) | 74,02*** |
| Peso molecular médio de óleo | 2,62 (n.s.) | 75,72*** |
| Viscosidade | 2,15 (n.s.) | 323,32*** |
| Absorbância (côr) | 0,53 (n.s.) | 146,31*** |

*** = significante ao nível de 1%. n.s. = não significante

QUADRO XXI - ÓLEO DE ARROZ

Valores de F:

| DETERMINAÇÃO | TRATAMENTO (BATATA) | TEMPO DE AQUECIMENTO |
|------------------------------|------------------------|-------------------------|
| Índice de refração | 3,44 (n.s.) | 201,80 *** |
| Ácidos graxos livres | 4,83 * | 324,67 *** |
| Índice de peróxidos | 0,86 (n.s.) | 42,25 *** |
| Índice de iodo | 35,38 *** | 647,34 *** |
| Índice de saponificação | 1,13 (n.s.) | 287,07 *** |
| Pêso molecular médio do óleo | 1,33 (n.s.) | 320,43 *** |
| Viscosidade | 12,45 ** | 924,28 *** |
| Absorbância (côr) | 5,24 (n.s.) | 142,49 *** |

*** = significante ao nível de 1%

** = significante ao nível de 1%

n.s. = não significante

QUADRO XXII - ÓLEO DE MILHO

Valores de F:

| DETERMINAÇÃO | TRATAMENTO (BATATA) | TEMPO DE AQUECIMENTO |
|------------------------------|------------------------|-------------------------|
| Índice de refração | 6,76* | 208,45*** |
| Ácidos graxos livres | 5,50* | 622,50*** |
| Índice de peróxidos | 0,28 (n.s.) | 134,37*** |
| Índice de iodo | 16,40** | 870,19*** |
| Índice de saponificação | 1,30 (n.s.) | 70,22*** |
| Pêso molecular médio do óleo | 1,32 (n.s.) | 72,77*** |
| Viscosidade | 6,03* | 3.132,95*** |
| Absorbância (côr) | 1,47 (n.s.) | 143,44*** |

* = significante ao nível de 5% n.s. = não significante

** = significante ao nível de 1%

*** = significante ao nível de 1%

QUADRO XXIII - ÓLEO DE SOJA

Valores de F:

| DETERMINAÇÃO | TRATAMENTO (BATATÁ) | TEMPO DE AQUECIMENTO |
|------------------------------|------------------------|-------------------------|
| Índice de refração | 36,58 *** | 742,91 *** |
| Ácidos graxos livres | 24,00 *** | 335,50 *** |
| Índice de peróxidos | 0,56 (n.s.) | 75,81 *** |
| Índice de iodo | 53,17 *** | 773,94 *** |
| Índice de saponificação | 5,27 (n.s.) | 53,84 *** |
| Pêso molecular médio do óleo | 5,44 (n.s.) | 47,91 *** |
| Viscosidade | 7,00 * | 364,23 *** |
| Absorbância (côr) | 6,67 * | 111,96 *** |

* = significante ao nível de 5% n.s. = não significante

** = significante ao nível de 1%

*** = significante ao nível de 1%.

QUADRO XXIV - ÓLEO DE ALGODÃO

CORRELAÇÕES

| CORRELAÇÃO ENTRE: | r |
|--------------------------------------|--------------|
| <u>1) ÍNDICE DE REFRAÇÃO E:</u> | |
| a) Ácidos graxos livres | + 0,99** |
| b) Índice de peróxidos | - 0,30(n.s.) |
| c) Índice de iodo | - 0,99** |
| d) Índice de saponificação | + 0,98** |
| e) Viscosidade | + 0,94** |
| f) Absorbância (côr) | + 0,89** |
| <u>2) ÁCIDOS GRAXOS LIVRES E:</u> | |
| a) Índice de peróxido | - 0,32(n.s.) |
| b) Índice de iodo | - 0,99** |
| c) Índice de saponificação | + 0,99** |
| d) Viscosidade | + 0,93** |
| e) Absorbância (côr) | + 0,89** |
| <u>3) ÍNDICE DE PERÓXIDOS E:</u> | |
| a) Índice de iodo | + 0,21(n.s.) |
| b) Índice de saponificação | - 0,29(n.s.) |
| c) Viscosidade | - 0,41(n.s.) |
| d) Absorbância (côr) | - 0,50* |
| <u>4) ÍNDICE DE IODO E:</u> | |
| a) Índice de saponificação | - 0,98** |
| b) Viscosidade | - 0,93** |
| c) Absorbância (côr) | - 0,89** |
| <u>5) ÍNDICE DE SAPONIFICAÇÃO E:</u> | |
| a) Viscosidade | + 0,93** |
| b) Absorbância (côr) | + 0,88** |
| <u>6) VISCOSIDADE E:+</u> | |
| a) Absorbância (côr) | + 0,98** |

* = significativo ao nível de 5%

** = significativo ao nível de 1%

n.s. = não significativo

QUADRO XXV - ÓLEO DE AMENDOIM

CORRELAÇÕES

| CORRELAÇÃO ENTRE: | r |
|--------------------------------------|--------------|
| <u>1) ÍNDICE DE REFRAÇÃO E:</u> | |
| a) Ácidos graxos livres | + 0,96** |
| b) Índice de peróxidos | - 0,42* |
| c) Índice de iodo | - 0,99** |
| d) Índice de saponificação | + 0,98** |
| e) Viscosidade | + 0,92** |
| f) Absorbância (côr) | + 0,78** |
| <u>2) ÁCIDOS GRAXOS LIVRES E:</u> | |
| a) Índice de peróxidos | - 0,37* |
| b) Índice de iodo | - 0,98** |
| c) Índice de saponificação | + 0,96** |
| d) Viscosidade | + 0,81** |
| e) Absorbância (côr) | + 0,60** |
| <u>3) ÍNDICE DE PERÓXIDOS E:</u> | |
| a) Índice de iodo | + 0,41* |
| b) Índice de saponificação | - 0,08(n.s.) |
| c) Viscosidade | - 0,27(n.s.) |
| d) Absorbância (côr) | - 0,52* |
| <u>4) ÍNDICE DE IODO E:</u> | |
| a) Índice de saponificação | - 0,98** |
| b) Viscosidade | - 0,89** |
| c) Absorbância (côr) | - 0,74** |
| <u>5) ÍNDICE DE SAPONIFICAÇÃO E:</u> | |
| a) Viscosidade | + 0,89** |
| b) Absorbância (côr) | + 0,74** |
| <u>6) VISCOSIDADE E:</u> | |
| a) Absorbância (côr) | + 0,94** |

* = significante ao nível de 5%

** = significante ao nível de 1%

n.s. = não significante

QUADRO XXVI - ÓLEO DE ARROZ

CORRELAÇÕES

| CORRELAÇÃO ENTRE: | r |
|--------------------------------------|----------|
| 1) <u>ÍNDICE DE REFRACÃO E:</u> | |
| a) Ácidos graxos livres | + 0,99** |
| b) Índice de peróxido | - 0,68** |
| c) Índice de iodo | - 0,99** |
| d) Índice de saponificação | + 0,97** |
| e) Viscosidade | + 0,97** |
| f) Absorbância (côr) | + 0,93** |
| 2) <u>ÁCIDOS GRAXOS LIVRES E:</u> | |
| a) Índice de peróxidos | - 0,69** |
| b) Índice de iodo | - 0,99** |
| c) Índice de saponificação | + 0,98** |
| d) Viscosidade | + 0,97** |
| e) Absorbância (côr) | + 0,92** |
| 3) <u>ÍNDICE DE PERÓXIDOS E:</u> | |
| a) Índice de iodo | + 0,70** |
| b) Índice de saponificação | - 0,55* |
| c) Viscosidade | - 0,55* |
| d) Absorbância (côr) | - 0,74** |
| 4) <u>ÍNDICE DE IODO E:</u> | |
| a) Índice de saponificação | - 0,99** |
| b) Viscosidade | - 0,93** |
| c) Absorbância (côr) | - 0,91** |
| 5) <u>ÍNDICE DE SAPONIFICAÇÃO E:</u> | |
| a) Viscosidade | + 0,92** |
| b) Absorbância (côr) | + 0,92** |
| 6) <u>VISCOSIDADE E:</u> | |
| a) Absorbância (côr) | + 0,95** |

QUADRO XXVII - ÓLEO DE MILHO

CORRELAÇÕES

| CORRELAÇÃO ENTRE: | r |
|--------------------------------------|--------------|
| 1) <u>ÍNDICE DE REFRACÃO E:</u> | |
| a) Ácidos graxos livres | + 0,99** |
| b) Índice de peróxidos | - 0,47** |
| c) Índice de iodo | - 0,99** |
| d) Índice de saponificação | + 0,97** |
| e) Viscosidade | + 0,92** |
| f) Absorbância (côr) | + 0,03(n.s.) |
| 2) <u>ÁCIDOS GRAXOS LIVRES E:</u> | |
| a) Índice de peróxidos | - 0,36(n.s.) |
| b) Índice de iodo | - 0,98** |
| c) Índice de saponificação | + 0,97** |
| d) Viscosidade | + 0,98** |
| e) Absorbância (côr) | + 0,22(n.s.) |
| 3) <u>ÍNDICE DE PERÓXIDOS E:</u> | |
| a) Índice de iodo | + 0,33(n.s.) |
| b) Índice de saponificação | - 0,01(n.s.) |
| c) Viscosidade | - 0,30(n.s.) |
| d) Absorbância (côr) | - 0,84** |
| 4) <u>ÍNDICE DE IODO E:</u> | |
| a) Índice de saponificação | - 0,96** |
| b) Viscosidade | - 0,96** |
| c) Absorbância (côr) | - 0,10(n.s.) |
| 5) <u>ÍNDICE DE SAPONIFICAÇÃO E:</u> | |
| a) Viscosidade | + 0,93** |
| b) Absorbância (côr) | + 0,04(n.s.) |
| 6) <u>VISCOSIDADE E:</u> | |
| a) Absorbância (côr) | + 0,39(n.s.) |

QUADRO XXVIII - ÓLEO DE SOJA

CORRELAÇÃO

| CORRELAÇÃO ENTRE: | r |
|--------------------------------------|--------------|
| 1) <u>ÍNDICE DE REFRAÇÃO E:</u> | |
| a) Ácidos graxos livres | + 0,99** |
| b) Índice de peróxidos | - 0,21(n.s.) |
| c) Índice de iodo | - 0,99** |
| d) Índice de saponificação | + 0,98** |
| e) Viscosidade | + 0,94** |
| f) Absorbância (côr) | + 0,63** |
| 2) <u>ÁCIDOS GRAXOS LIVRES E:</u> | |
| a) Índice de peróxidos | - 0,26(n.s.) |
| b) Índice de iodo | - 0,98** |
| c) Índice de saponificação | + 0,98** |
| d) Viscosidade | + 0,96** |
| e) Absorbância (côr) | + 0,68** |
| 3) <u>ÍNDICE DE PERÓXIDOS E:</u> | |
| a) Índice de iodo | + 0,24(n.s.) |
| b) Índice de saponificação | - 0,01(n.s.) |
| c) Viscosidade | - 0,17(n.s.) |
| d) Absorbância (côr) | - 0,57* |
| 4) <u>ÍNDICE DE IODO E:</u> | |
| a) Índice de saponificação | - 0,98** |
| b) Viscosidade | - 0,93** |
| c) Absorbância (côr) | - 0,60* |
| 5) <u>ÍNDICE DE SAPONIFICAÇÃO E:</u> | |
| a) Viscosidade | + 0,96** |
| b) Absorbância (côr) | + 0,70** |
| 6) <u>VISCOSIDADE E:</u> | |
| a) Absorbância (côr) | + 0,85** |

QUADRO XXIX - ÍNDICE DE REFRAÇÃO A 25°C

| RESULTADOS OBTIDOS | VARIACÃO MÉDIA (EM RELAÇÃO A AMOSTRA ORIGINAL) | TEOR | SIGNIFICÂNCIA ESTATÍSTICA ENTRE: | CORRELAÇÃO COM OUTRAS CARACTERÍS- TICAS | OBSERVAÇÕES | | | |
|-----------------------|--|-----------------|--|--|--|---------|--------|--|
| QUADROS GRÁFICOS | AUMENTO % | DIMINUIÇÃO % | MÍNIMO | MÁXIMO | TRATA- MENTOS "SEM" E TÉRMICOS "COM" BATA- TA. | QUADROS | | |
| ALGODÃO I e VI | + 0,41 | - | 1,47109 | 1,47737 | *** | * | XXIV | Aumento unifor- me Mínimo c/ 0 hs. aquecimento Máximo c/ 168hs. aquecimento |
| AMENDOIM II e VI | + 0,41 | - | 1,47327 | 1,47956 | *** | n.s. | XXV | Idem |
| ARROZ III e VI | + 0,32 | - | 1,47075 | 1,47580 | *** | n.s. | XXVI | Idem |
| MILHO IV e VI | + 0,31 | - | 1,47076 | 1,47551 | *** | * | XXVII | Idem |
| SOJA V e VI | + 0,34 | - | 1,47318 | 1,47828 | *** | *** | XXVIII | Idem |

QUADRO XXX - ÁCIDOS GRAXOS LIVRES
(ÁCIDO OLÉICO). %

| RESULTADOS OBTIDOS | VARIACÃO MÉDIA (EM RELAÇÃO A AMOSTRA ORIGINAL | AUMENTO % | DIMINUIÇÃO % | MÍNIMO | MÁXIMO | SIGNIFICÂNCIA ESTATÍSTICA ENTRE: | CORRELAÇÃO COM OUTRAS CARACTERÍS- TICAS | OBSERVAÇÕES | |
|-----------------------|---|--------------|-----------------|--------|--------|--|--|-------------|--|
| | | | | | | | | | TEOR |
| ALGODÃO I e VII | 2 | +1133,35 | - | 0,09 | 1,16 | *** | *** | XXIV | Aumento uniforme Mínimo c/ 0 hrs aquecimento Máximo c/ 168 hrs aquecimento |
| AMENDOIM II e VII | 2 | + 331,75 | - | 0,11 | 0,52 | *** | n.s. | XXV | Idem |
| ARROZ III e VII | 2 | + 297,05 | - | 0,33 | 1,34 | *** | * | XXVI | Idem |
| MILHO IV e VII | 2 | +1012,50 | - | 0,08 | 0,90 | *** | * | XXVII | Idem |
| SOJA V e VII | 2 | + 768,75 | - | 0,08 | 0,71 | *** | *** | XXVIII | Idem |

QUADRO XXXI - ÍNDICE DE PEROXÍDOS - meq/Kg

| RESULTADOS OBTIDOS | VARIACÃO MÉDIA (EM RELAÇÃO A AMOSTRA ORIGINAL | DIMINUIÇÃO % | MÍNIMO | MÁXIMO | SIGNIFICÂNCIA ESTATÍSTICA ENTRE: | CORRELAÇÃO COM OUTRAS CARACTERÍS- TICAS | OBSERVAÇÕES |
|--------------------------|---|-----------------|--------|--------|--|--|---|
| | | | | | | | |
| ALGODÃO I e VIII | +38850,00 | - | 0,01 | 21,40 | *** | XXIV | Mínimo c/ 0 hs. aquecimento Máximo c/ 31 hs. aquecimento qdo começou a dimi- nuir |
| AMENDOIM II e VIII | + 854,65 | - | 0,98 | 28,60 | *** | n.s. | Mínimo c/ 0 hs. aquecimento Máximo c/ 7 hs. aquecimento qdo começou a dimi- nuir |
| ARROZ III e VIII | + 4,75 | - | 8,42 | 42,08 | *** | n.s. | Mínimo c/ 151 hs aquecimento Máximo c/ 24 hs. aquecimento |
| MILHO IV e VIII | + 907,25 | - | 2,46 | 65,74 | *** | n.s. | Mínimo c/ 0 hs. aquecimento Máximo c/ 24 hs. aquecimento qdo começou a diri- nuir |
| SOJA V e VIII | + 208,80 | - | 5,93 | 40,55 | *** | n.s. | Mínimo c/ 0 hs. aquecimento Máximo c/ 7 horas aquecimento qdo começou a dimi- nuir |

QUADRO XXXII - ÍNDICE DE IODO (gI2/100g)

| RESULTADOS | | VARIACÃO MÉDIA (EM RELAÇÃO A AMOSTRA ORIGINAL) | | TFOR | SIGNIFICÂNCIA ESTATÍSTICA ENTRE: | CORRELAÇÃO COM OUTRAS CARACTERÍS- TICAS | RESERVAÇÕES | | |
|------------------|-------------|--|-----------------|--------|--|--|---------------------------|--------|--|
| OBTIDOS | | AUMENTO % | DIMINUIÇÃO % | MÍNIMO | MÁXIMO | TRATAMEN- TOS "COM" BATA- TA | TRATAMEN- TOS "SEM" | | |
| QUADROS GRÁFICOS | | | | | | QUADROS | | | |
| ALGODÃO | I e IX | 4 | - 24,75 | 83,00 | 111,12 | *** | *** | XXIV | Diminuição uni- forme Máximo c/ 0 hs. aquecimento Mínimo c/ 168hs aquecimento |
| AMENDOIM | II e IX | 4 | - 22,30 | 103,27 | 132,17 | *** | ** | XXV | Idem |
| ARROZ | III e IX | 4 | - 21,95 | 77,51 | 99,93 | *** | *** | XXVI | Idem |
| MILHO | IV e IX | 4 | - 19,65 | 90,13 | 112,58 | *** | ** | XXVII | Idem |
| SOJA | V e IX | 4 | - 18,70 | 106,38 | 132,15 | *** | *** | XXVIII | Idem |

QUADRO XXXIII - ÍNDICE DE SAPONIFICAÇÃO
(mg KOH/ 1g)

| RESULTADOS OBTIDOS | VARIACÃO MÉDIA (FM RELAÇÃO A AMOSTRA ORIGINAL | AUMENTO % | DIMINUIÇÃO % | TFÔR | | SIGNIFICÂNCIA ESTATÍSTICA ENTRE: | CORRELAÇÃO COM OUTRAS CARACTERÍS- TICAS | OBSERVAÇÕES | | |
|-----------------------|---|--------------|-----------------|--------|--------|--|--|-------------|--------|--|
| | | | | MÍNIMO | MÁXIMO | | | | | |
| ALGODÃO | I e X | 5 | + 5,00 | - | 193,7 | 204,2 | *** | n.s. | XXIV | Aumento uniforme Mínimo c/ 0 hs. agucimento Máximo c/ 168 hs. agucimento |
| AVENDOIM | II e X | 5 | + 4,65 | - | 192,5 | 201,8 | *** | n.s. | XXV | Idem |
| ARROZ | III e X | 5 | + 4,70 | - | 187,7 | 197,1 | *** | n.s. | XXVI | Idem |
| MILHO | IV e X | 5 | + 4,80 | - | 188,6 | 197,9 | *** | n.s. | XXVII | Idem |
| SOJA | V e X | 5 | + 4,85 | - | 189,6 | 199,7 | *** | n.s. | XXVIII | Idem |

QUADRO XXXIV - PESO MOLECULAR MÉDIO DO ÓLEO

| RESULTADOS DETIDOS | VARIACÃO MÉDIA (EM RELACÃO À AMOSTRA ORIGINAL) | | TEOR | SIGNIFICÂNCIA ESTATÍSTICA F.N.T.P.: | | CORRELAÇÃO COM OUTRAS CARACTERÍS- TICAS | OBSERVAÇÕES |
|-----------------------|--|-----------------|-------|---|--------|--|--|
| | AUMENTO % | DIMINUIÇÃO % | | MÍNIMO | MÁXIMO | | |
| ALGODÃO I e XI | - | - 4,65 | 824,2 | 868,9 | *** | n.s. | XXIV Diminuição unifor- me Máximo com 0 hs. aquecimento Mínimo com 168 hs. aquecimento |
| AMENDOIM II e XI | - | - 4,45 | 834,0 | 874,1 | *** | n.s. | XXV Idem |
| ARROZ III e XI | - | - 4,50 | 854,6 | 896,4 | *** | n.s. | XXVI Idem |
| MILHO IV e XI | - | - 4,60 | 850,4 | 892,4 | *** | n.s. | XXVII Idem |
| SOJA V e XI | - | - 4,60 | 842,8 | 888,0 | *** | n.s. | XXVIII Idem |

QUADRO XXXV - VISCOSIDADE

| RESULTADOS OBTIDOS | VARIACÃO MÉDIA (EM RELAÇÃO A AMOSTRA ORIGINAL | | TEOR | SIGNIFICÂNCIA ESTATÍSTICA ENTRE: | CORRELAÇÃO COM OUTRAS CARACTERÍS- TICAS | OBSERVAÇÕES | | | | |
|-----------------------|---|------------|---|--|--|-------------|-----|------|--------|---|
| | AUMENTO | DIMINUIÇÃO | | | | | | | | |
| | % | % | MÍNIMO | MÁXIMO | QUADROS | | | | | |
| | | | TRATAMEN- TRATAMEN- TOS - TOS "SEM TÉRMICOS E "COM" BATATA | | | | | | | |
| ALGODÃO | I e XII | 7 | + 713,75 | - | 8,7 | 75,5 | *** | * | XXIV | Aumento unifor- me Mínimo com 0 hs. aquecimento Máximo com 168hs aquecimento |
| AMENDOIM | II e XII | 7 | + 957,00 | - | 9,2 | 102,2 | *** | n.s. | XXV | Idem |
| ARROZ | III e XII | 7 | + 448,60 | - | 11,4 | 69,0 | *** | ** | XXVI | Idem |
| MILHO | IV e XII | 7 | + 366,10 | - | 9,0 | 42,5 | *** | * | XXVII | Idem |
| SOJA | V e XII | 7 | + 482,50 | - | 8,3 | 50,5 | *** | * | XXVIII | Idem |

QUADRO XXXVI - ABSORVÂNCIA A 500 nm

| RESULTADOS OBTIDOS | VARIACÃO MÉDIA (EM RELAÇÃO A AMOSTRA ORIGINAL | | TEOR | SIGNIFICÂNCIA ESTATÍSTICA ENTRE: | CORRELAÇÃO COM OUTRAS CARACTERÍS- TICAS | OBSERVAÇÕES |
|--|---|-----------------|-------|--|--|---|
| | AUMENTO % | DIMINUIÇÃO % | | | | |
| TRATAMEN- TOS "SEM" E TÉRMICOS "COM" RATA- TA | | | | | | |
| ALGODÃO | I e XIII | +270,90 | - | 0,238 | 1,125 | *** n.s. XXIV |
| | | | | | | Diminuição até 24 hs. aquecimento cdo começou a au- mentar.- Mínimo com 24hs. aquecimento Máximo com 168 hs. aquecimento |
| AMENDOIM | II e XIII | +192,50 | - | 0,065 | 0,539 | *** n.s. XXV |
| ARROZ | III e XIII | +66,20 | - | 0,714 | 1,538 | *** n.s. XXVI |
| MILHO | IV e XIII | - | -2,25 | 0,051 | 0,210 | *** n.s. XXVII |
| | | | | | | Diminuição até 48 hs. aquecimento cdo começou a au- mentar. Mínimo com 48 hs. aquecimento. Máximo com 168 hs. aquecimento. |
| SOJA | V e XIII | +103,30 | - | 0,085 | 0,369 | *** * XXVIII |
| | | | | | | Idem |

IX - GRÁFICOS

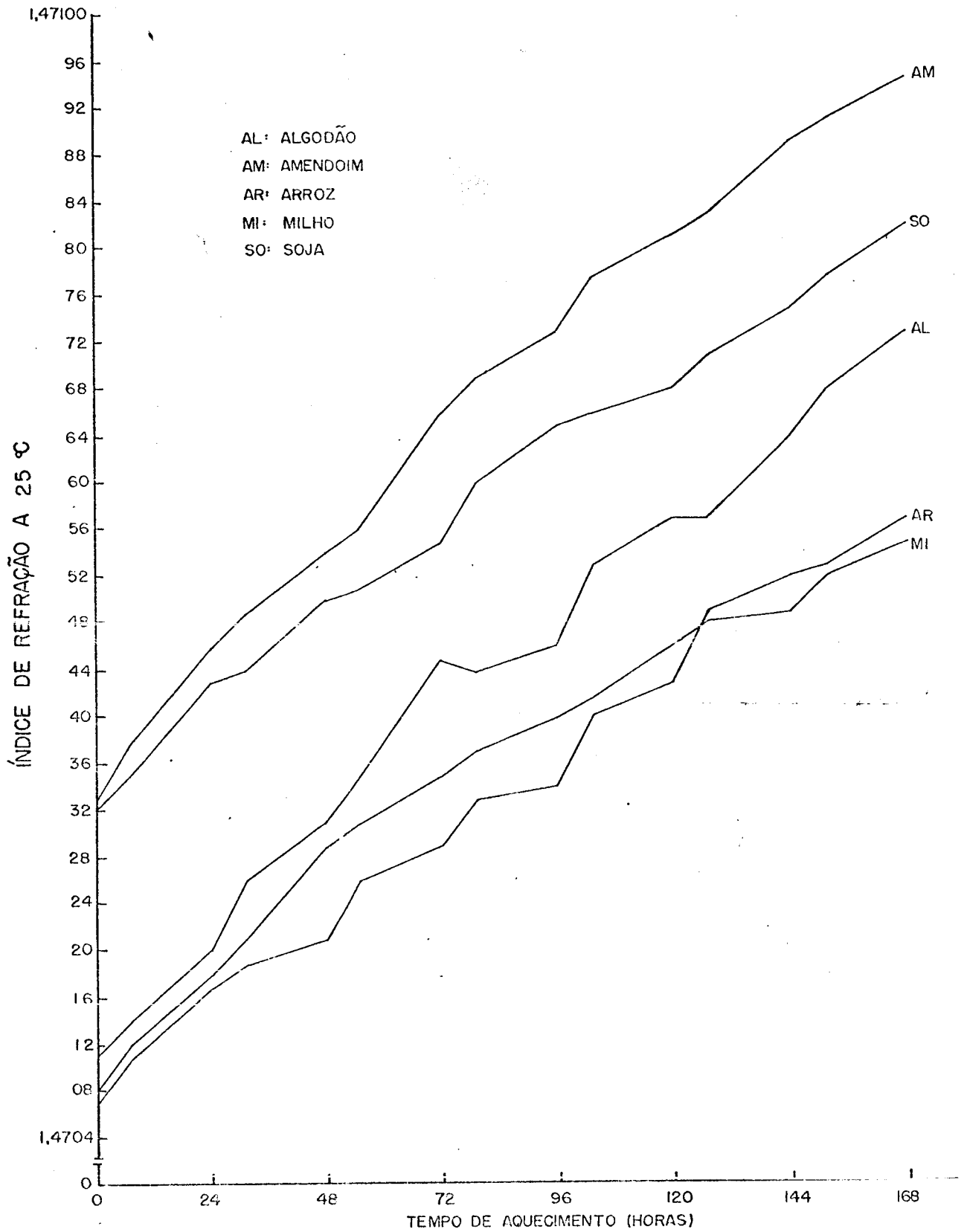


GRÁFICO 1 - ÍNDICE DE REFRAÇÃO

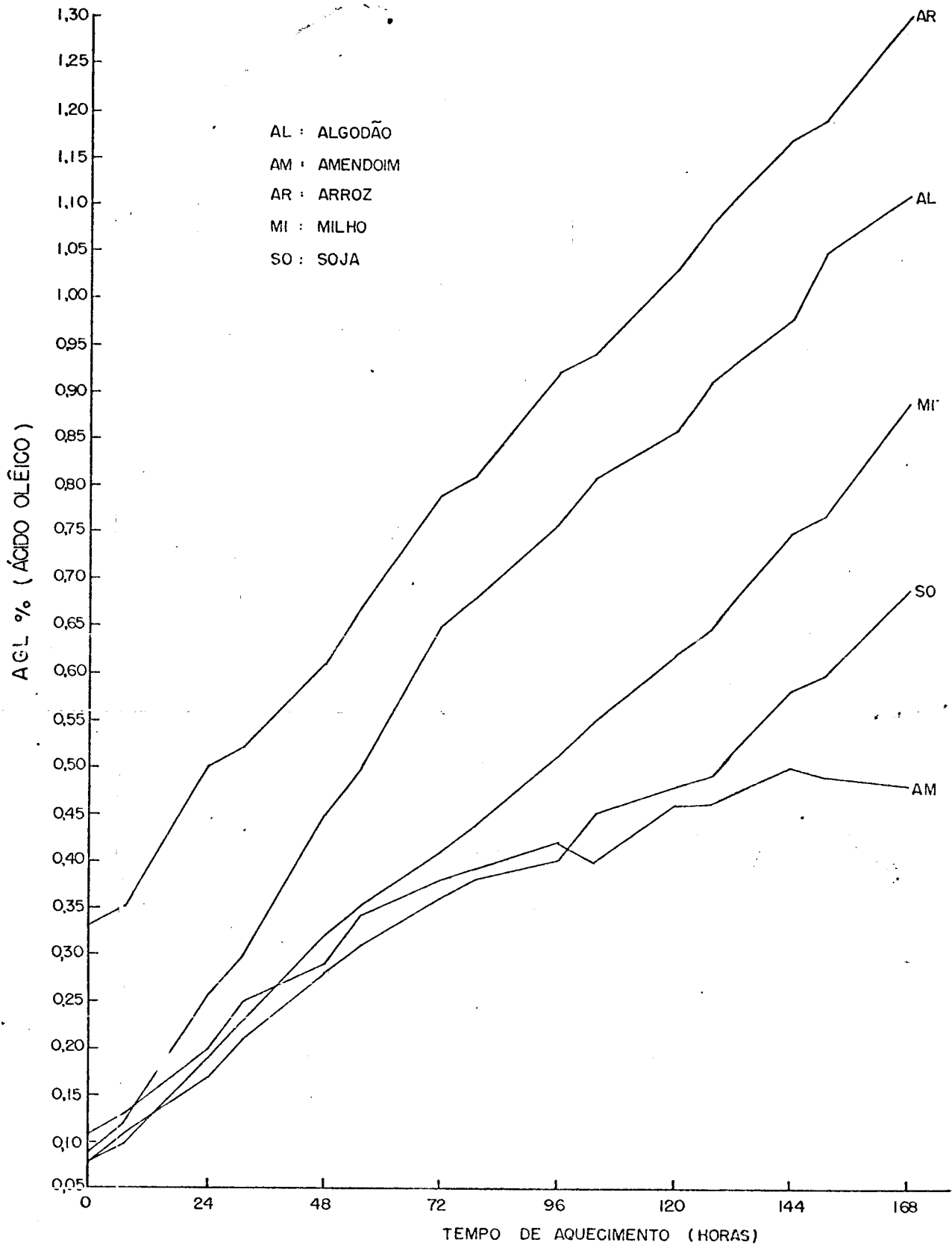


GRÁFICO 2 - ÁCIDOS GRAXOS LIVRES

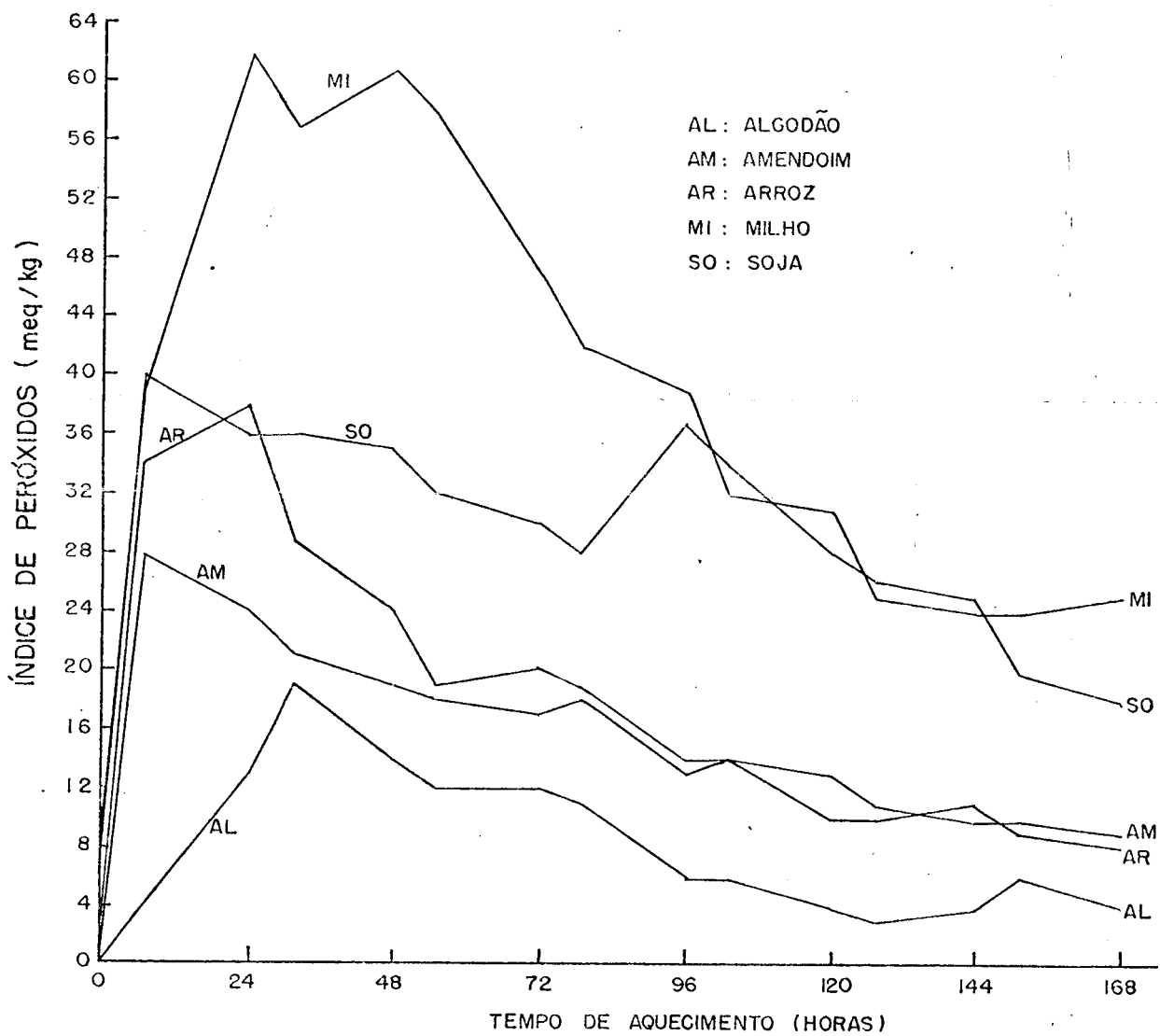


GRÁFICO 3 - ÍNDICE DE PERÓXIDOS

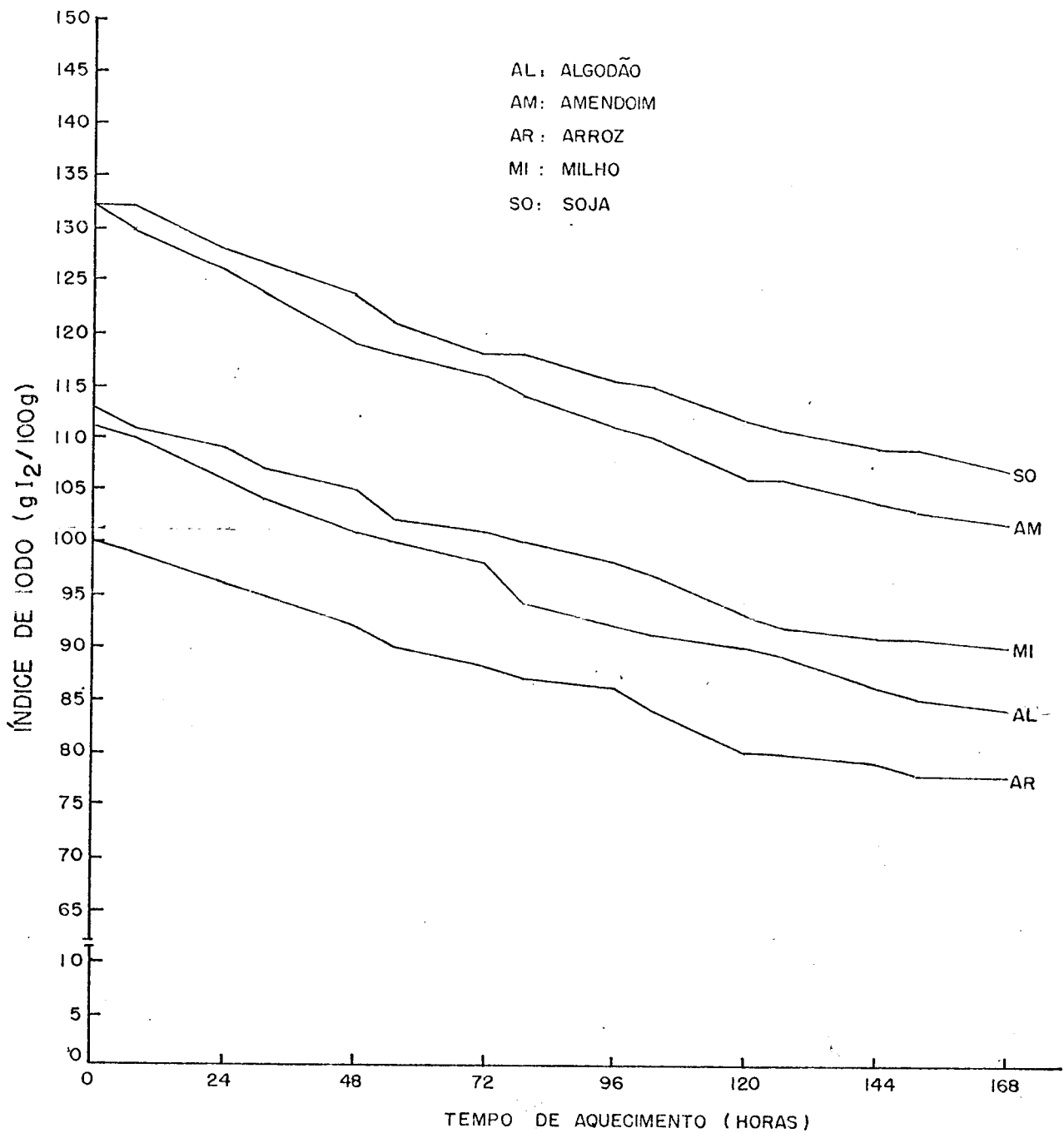


GRAFICO 4 - ÍNDICE DE IODO

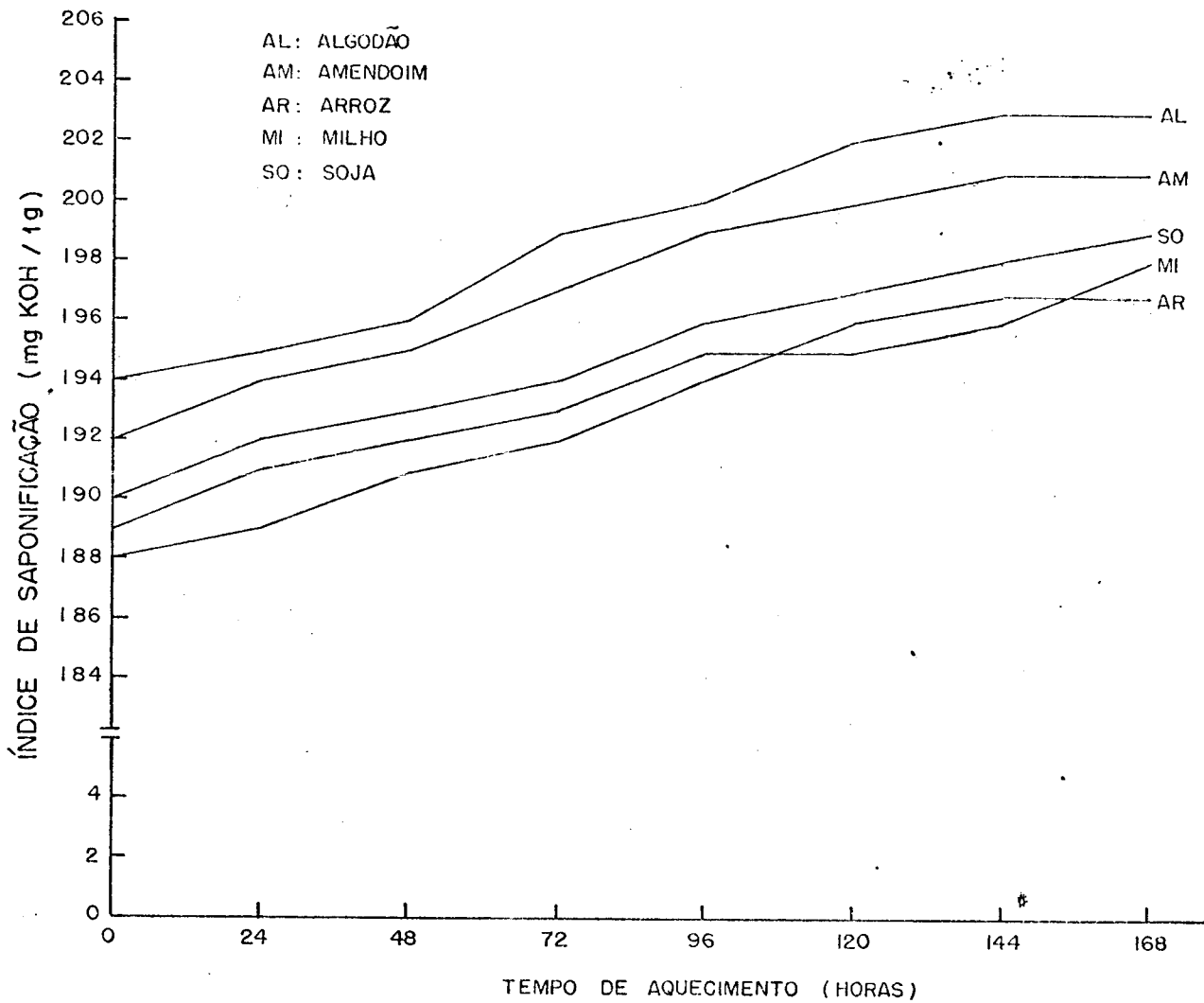


GRÁFICO 5 - ÍNDICE DE SAPONIFICAÇÃO

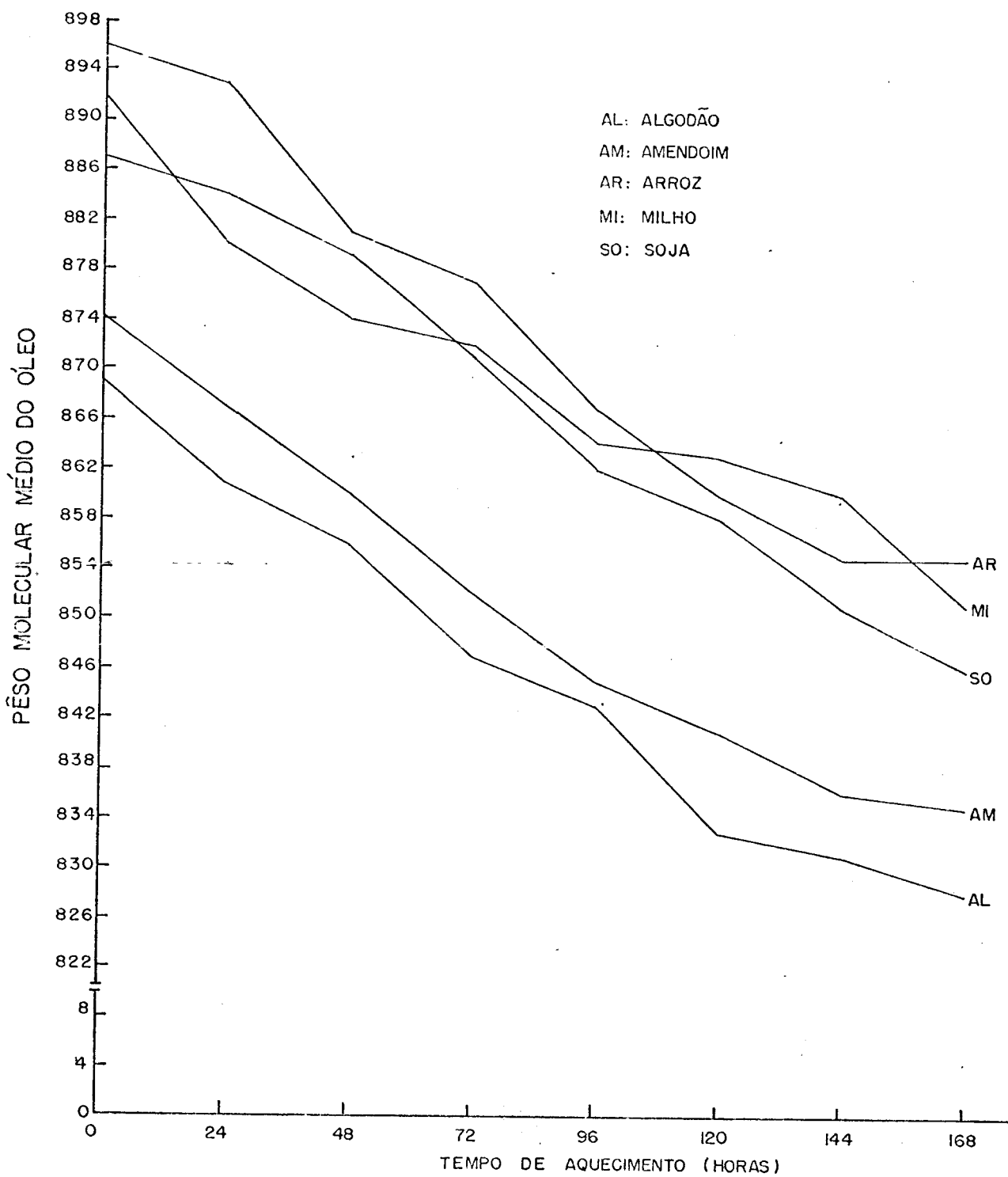


GRÁFICO 6 - PÊSO MOLECULAR MÉDIO DO ÓLEO

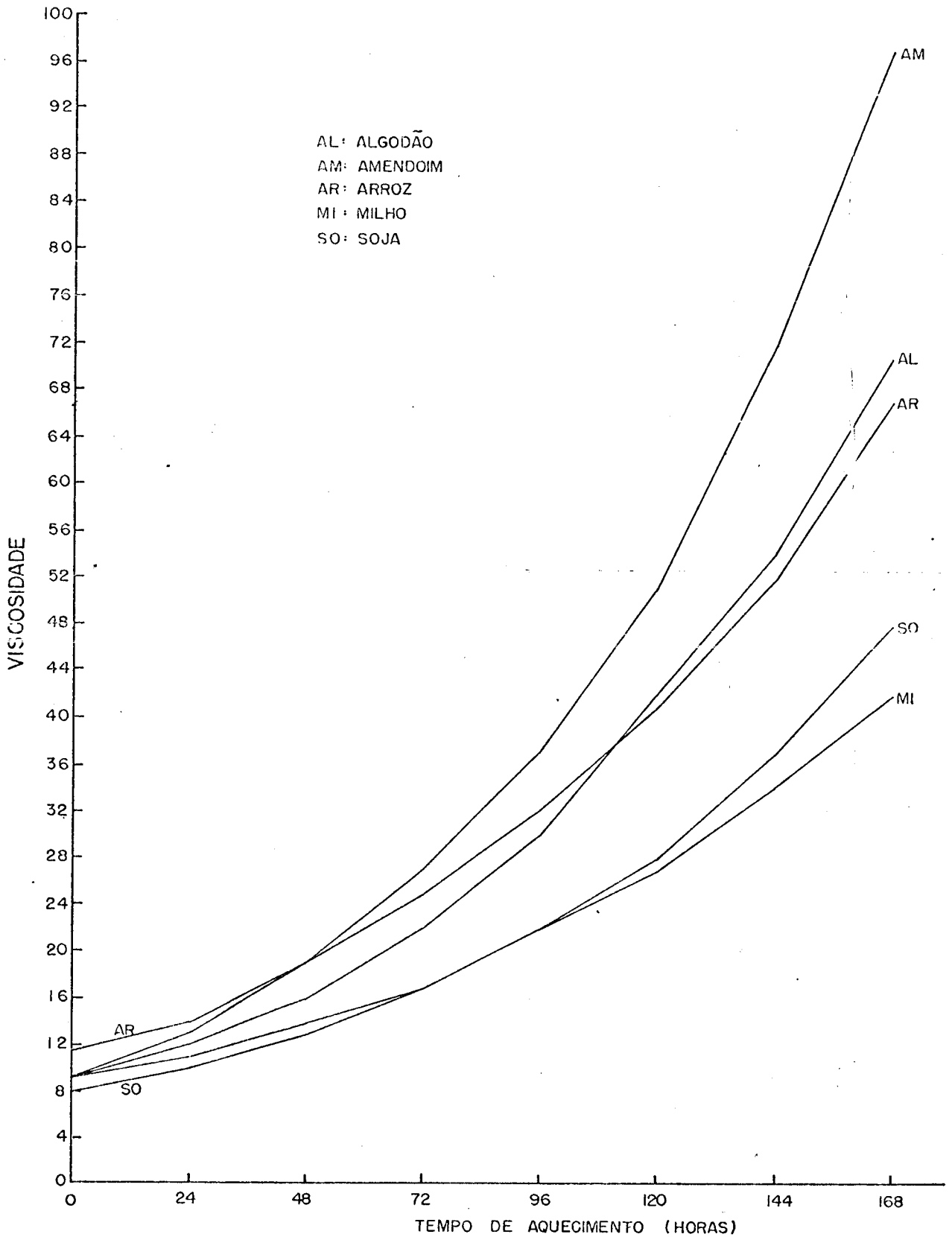


GRÁFICO 7 - VISCOSIDADE

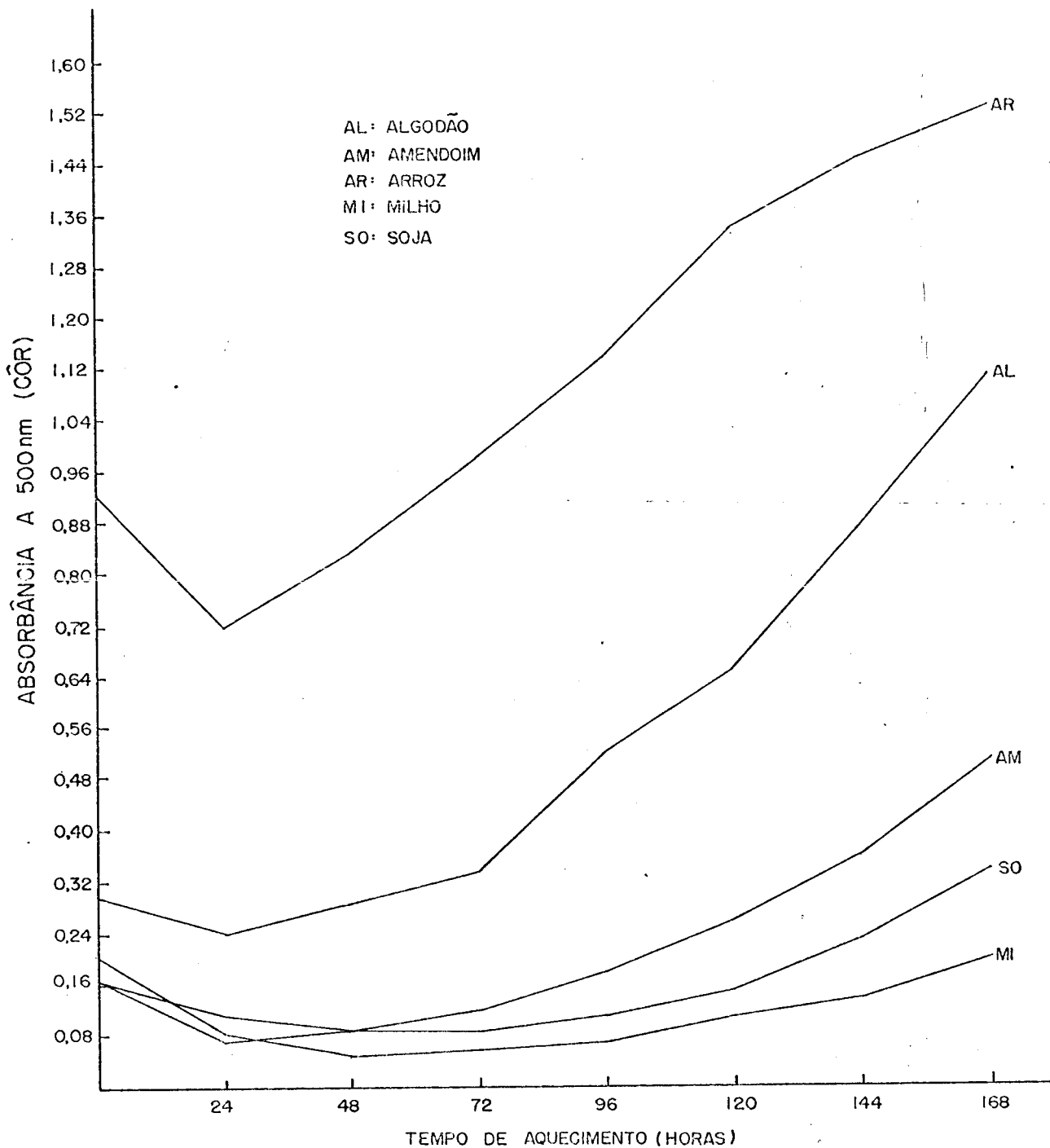


GRÁFICO 8 - ABSORBÂNCIA A 500 nm (CÔR)

X - BIBLIOGRAFIA

1. A.O.A.C. - "Official Methods of Analysis of the Association of Agricultural Chemists". Published by A.O.A.C. - Washington, D.C., 1970.
2. A.O.C.S. - "Official and Tentative Methods of the American Oil Chemists Society". Vol. I e II, third edition, AOCS, Champaign, Ill., 1964 (revised to 1972).
3. ARYA, S.S., RAMANUJAM, S., & VIJAYARAGHAVAN. - "Refractive Index as an Objective Method for Evaluation of Rancidity in Edible Oils and Fats". JAACS, 46, 28-30, 1969.
4. BEADLE, J.B., JUST, D.E., MORGAN, R.E. & REINERS, R.A. - "Composition of Corn Oil". JAACS, 42, 90, 1965.
5. COCKS, L.V. & VAN REDE, C. - "Laboratory Handbook for Oil and Fat Analysts". Academic Press, London and New York, 1966.
6. CROSSLEY, A., HEYES, T.D. & HUDSON, B.J.F. - "The Effect of Heat on Pure Triglycerides". JAACS, 39, 9, 1959.
7. EVANS, C.D., LIST, G.R., HOFFMANN, R.L. & MOSER, H.A. - "Edible Oil Quality as Measured by Thermal Release of Pentane". JAACS, 46, 501, 1969.
8. FIORITI, J.A., KANUK, M.J. & SIMS, R.J. - "Chemical and Organoleptic Properties of Oxidized Fats". JAACS, 51, 219-223. 1974.
9. FRANKEL, E.N., NOWAKOWSKA & EVANS, C.D. - "Formation of Methyl Azelaaldehyde on Autoxidation of Lipids". JAACS, 38, 161, 1961.

10. FRITSCH, C.W. & DEATHERAGE, F.E. - "A Study of the Volatile Compounds Produced by the Autoxidation of Methyl Oleate, Oleic Acid, and cis-9-octadecene". JAOCs, 33, 109-113, 1956.
11. GADDIS, A.M., ELLIS, R. & CURRIE, G.T. - "Carbonyls in Oxidizing Fat. III. - The Distribution of Volatile and Non-volatile carbonyls". - Food. Research, 25, 495-506, 1960.
12. ———, ———, ———, - "Carbonyls in Oxidizing Fat. V. The Composition of Neutral Volatile Monocarbonyl Compounds from Autoxidized Oleate, Linoleate, Linolenate, Esters and Fats". JAOCs, 38, 371-375, 1961.
13. GUNSTONE, F.D. - "An Introduction to the Chemistry of Fats and Fatty Acids". - Chapman and Hall Ltd., London, 1958.
14. HANAHAN, D.J. - "Lipide Chemistry". - John Wiley & Sons, Inc., New York - London, 1960.
15. HART, F.L. & FISCHER, H.J. - "Modern Food Analysis". Spring Verlag, New York Heidelberg, Berlin, 1971.
16. HARTMAN, L., ANTUNES, A.J., GARRUTI, R.S., & CHAIB, M.A. - "The Effect of Free Fatty Acids on the Taste. Induction Periods and Smoke Points of Edible Oils and Fats". Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie, Vol.8, 114-118, 1975.
17. HENICK, A.S., BENCA, M.F. & MITCHELL, J.H. - "Estimating Carbonyl Compounds in Rancid Fats and Foods". JAOCs, 31, 88-91, 1954.
18. HILDITCH, T.P. & WILLIAMS, P.N. - "The Chemical Constitution of Natural Fats", 4th Ed., Distributed by Barns and Noble, London, 1964.
19. HIRANO Y. & OLCOTT, H.S. - "Effect of Heme Compounds on Lipid Oxidation". JAOCs, 48, 523-524, 1971.

20. HOLM,U., EKBOM,K. & WODE,G. - "Determination of the Extent of Oxidation of Fats". JAACS, 34, 606-609, 1957.
21. JARVI,D.K., LEE,G.D., ERICKSON,D.R., & BUTKUS,E.A. - "Determination of the Extent of Rancidity of Soybean Oil by Gas Chromatography Compared with Peroxide Value". JAACS, 48, 121, 1971.
22. JOSLYN,M.A. - "Methods in Food Analysis (Physical,Chemical and Instrumental Methods of Analysis)". 2nd. edition, Academic Press Inc., New York, N.Y., 1970.
23. JURRIENS,G. & KROESEN,A.C.T. - "Determination of Glyceride Composition of Several Solid and Liquid Fats". JAACS, 42, 9, 1965.
24. KANEDA et al - "Altération et toxicité des huiles alimentaires" (em japonais). Rev. Fr. Corps Gras., Vol.21, N°11, 1974.
25. KANADA,I., KRISHNAMURTHY,R.G., MOOKHERJEE,B.D., CHANG,S.S. "Chemical Reactions Involved in the Deep Frying of Foods. II - Identification of Acidic Volatile Decomposition Products of Corn Oil". JAACS, 44, 131-135, 1967.
26. KAWAHARA,F.K., DUTTON,H.J., & COWANS,J.C. - "Volatile Cleavage Products of Autoxidized Methyl Linolenate". JAACS, 29, 633-635, 1952.
27. KHATTAB,A.H., EL TINAY,A.H., KHALIFA,H.A. & MIRGHANI,S. - "Stability of Peroxidized Oils and Fat to High Temperature Heating". - J.Sci.Fd.Agric., 25, 689-696, 1974.
28. KILGORE,L.T. & LUKER,W.D. - "Fatty Acids Components of Fried Foods and Fats used for Frying". JAACS, 41, 496-500, 1964.
29. KNIGHT,H.B. & SWERN,D. - "Reactions of Fatty Materials with Oxygen. IV - Quantitative Determination of Functional Groups". JAACS, 26, 366-370, 1949.

30. —" —, EDDY, C.R. & SWERN, D. - "Reactions of Fatty Materials with Oxygen. VIII - Cis-trans Isomerization During Autoxidation of Methyl Oleate". JAACS, 28, 188-192, 1951.
31. —" —, COLEMAN, J.E. & SWERN, D. - "Reactions of Fatty Materials with Oxygen. IX - Analytical Study of the Autoxidation of Methyl Oleate". JAACS, 28, 498-501, 1951.
32. KRISHNAMURTHY, R.G. & CHANG, S.S. - "Chemical Reactions Involved in the Deep Frying of Foods. III - Identification of Nonacidic Volatile Decomposition Products of Corn Oil". JAACS, 44, 136-140, 1967.
33. —" —, KANADA, T. & CHANG, S.S. - "Chemical Reactions Involved in the Deep Frying of Foods. - I - A Laboratory Apparatus for Frying Under Simulated Restaurant Conditions". JAACS, 42, 878-882, 1965.
34. LEA, C.H. - "Rancidity in Edible Fats". Ed. by His Majesty's Stationary Office, London, 1938.
35. LEES, R. - "Manual de Analisis de Alimentos". - Trad. de A. M. Barrado, Editorial Acribia, Zaragoza, Espanha, 1969.
36. LIME, B.J. - "Autoxidation of Fatty Acid Lipids and Carotene of Freeze - dried Avocado Salad". Food Technology, 23, 171-174, 1969.
37. LUNDBERG, W.O., CHIPAULT, J.R. & HENDRICKSON, M.J. - "Observations on the Mechanism of the Autoxidation of Methyl Linoleate". JAACS, 26, 109-115, 1949.
38. MACLEOD, A.J. - "Instrumental Methods of Food Analysis". Elek Science, London, 1973.
39. MABROUK, A.F. & DUGAN, L.R. - "A Kinetic Study of the Autoxidation of Methyl Linoleate and Linoleic Acid Emulsions in the Presence of Sodium Chloride". JAACS, 37, 486-490, 1960.

40. MEHLENBACHER, V.C. - "The Analysis of Fats and Oils". The Garrard Press, Champaign, Illinois, 1960.
41. MORRISON, W.H., ROBERTSON, J.A. & BURDICK, D. - "Effect of Deep - Fat - Frying on Sunflower Oils". JAOCs, 50, 440-442, 1973.
42. NOBLE, A.C. & NAWAR, W.W. - "The Autoxidation of Highly Unsaturated Fatty Acids". JAOCs, 48, 800, 1971.
43. PEARSON, D. - "The Chemical Analysis of Foods". Chemical Publishing Company, Inc., New York, 1970.
44. PERKINS, E.G. - "Nutritional and Chemical Changes Occuring in Heated Fats: A Review". Food Technology, 14, 508-514, 1960.
45. PERKINS, E.G. & VAN AKKEREN, L.A. - "Heated Fats IX - Chemical Changes in Fats Subjected to Deep Fat Frying Processes Cottonseed Oil". JAOCs, 42, 782-786, 1965.
46. POMERANZ, Y. & MELOAN, C.E. - "Food Analysis: Theory and Practice". The AVI Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut, USA, 1971.
47. PRIVETT, O.S., LUNDBERG, W.O. & NICKELL, C. - "Preparation of Peroxide Concentrates from Autoxidized Fatty Acid Esters". JAOCs, 30, 17-21, 1953.
48. — — — — —, KHAN, N.A., TOLBERG, W.E. & WHEELER, D.H. - "Structure of Hydroperoxides Obtained from Autoxidized Methyl Linoleate". JAOCs, 30, 61-66, 1953.
49. — — — — —, NICKELL, C., TOLBERG, W.E., PASCHKE, R.F., WHEELER, D.H. & LUNDBERG, W.O. - "Evidence for Hydroperoxide formation in the Autoxidation of Methyl Linolenate". JAOCs, 31, 23-27, 1954.
50. ROCK, S.P. & ROTH, H. - "Factors Affecting the Rate of Deterioration in the Frying Qualities of Fats". JAOCs, 41, 228-230, 1964.

51. — " —; — " —. "Properties of Frying Fats. I - The Relationship of Viscosity to the Concentration of Non-Urea Adducting Fatty Acids". JAOCS, 43, 116-118, 1966.
52. SAHASRABUDHE, M.R. & BHALERAO, V.R. - "A Method for the Determination of the Extent of Polymerization in Frying Fats and in Fats Extracted from Fried Foods". JAOCS, 40, 711-712, 1963.
53. — " —, & FARN, I.G. - "Effect of Heat on Triglycerides of Corn Oil". JAOCS, 41, 264-267, 1964.
54. SCHOLTZ, H.W., DAY, E.A. & SINNHUBER, R.O. - "Symposium on Foods : Lipids and Their Oxidation". The AVI Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut, 1962.
55. SWIFT, C.E., DOLEAR, F.G., BROWN, L.E. & O'CONNOR, R.T. - "Decomposition of Methyl Hydroperoxido Oleato". JAOCS, 25, 39-40, 1948.
56. TARLADGIS, B.G., PEARSON, A.M. & DUGAN, L.R. - "The Chemistry of the 2-thioarbituric acid Test for the Determination of Oxidative Rancidity in Foods". JAOCS, 39, 34-39, 1962.
57. THOMPSON, J.A., PAULOSE, M.M., REDDY, B.R., KRISHNAMURTHY, R.G. & CHANG, S.S. - "A Limited Survey of Fats and Oils Commercially used for Deep Fat Frying": Food Technology, Vol.21, n^o37A, 87A-89A, 1967.
58. TRIEBOLD, H.O. & AURAND, L.W. - "Food Composition and Analysis". Van Nortrand Reinbold Company, New York, London, 1963.
59. VAN WAZER, J.R., LYONS, J.W., KIM, K.Y. & COLWELL, . - "Viscosity and Flow Measurement". (A Laboratory Handbook of Rheology). Interscience Publishers, 1963.
60. ZABIK, M.E. - "Correlation of Smoke Point to Free Fatty Acid Content in Measuring Fat Deterioration from Consecutive Heatings". Food Technology, Vol.16, n^o8, 1962.

61. WEISSER, H., et LEFEBVRE, J. - "Tests et indices d'oxydation. Corrélations entre l'Indice de Peroxyde, l'Oxygène Absorbé et la Densité. Oleagineux, 31, 27-30, 1976.

AGRADECIMENTOS

À Professora Doutora SONIA V.QUAST, orientadora desta tese.

Ao Professor Doutor ANDRÉ TOSELLO, Diretor da Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola, pelas facilidades oferecidas para que esta tese fôsse desenvolvida, bem como, pela colaboração na parte matemática de classificação dos óleos.

Ao Professor Doutor LEOPOLD HARTMAN, professor do Departamento de Tecnologia da FEA, especialista em elaiotecnia, pelas valiosas sugestões e discussão dos diversos pontos da tese.