

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Fls. N.º	31
Proc. N.º	2624/71
Rub.	<i>[assinatura]</i>

FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA DE BANANA E
SEU USO EM PREPARAÇÃO DE BEBIDAS
COMO SUBSTITUTO DO ALCÓOL DE MILHO

Gustavo Sandoval Valderrama
Engenheiro Químico

*Tese apresentada à Faculdade de Tecnologia de Alimentos
da Universidade Estadual de Campinas, para obtenção do ti-
tulo de mestre em Engenharia de Alimentos.*

Orientador: Dr. Ricardo Sadi
Professor da F.T.A. - UNICAMP

1971

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

C O N T E Ú D O

Fis. N.º	32
Proc. N.º	2694/1
Rub.	[assinatura]

I - Resumo e "Summary"	1
II - Introdução e Revisão Bibliográfica	5
III - Materiais e Métodos	11
1. Matéria-prima	11
2. Análises da Matéria-prima	13
3. Análises do álcool obtido	14
4. Preparação de bebidas alcoólicas	16
IV - Resultados e Discussão	19
1. Considerações Gerais	19
2. Efeito dos diferentes tipos de nutrientes sobre a fermentação	20
V - Conclusões	23
VI - Figuras e Quadros	25
VII - Bibliografia	44
VIII - Agradecimentos	45

I - R E S U M O

Fis. N.º	33
Proc. N.º	2624/71
Rub.	<i>[assinatura]</i>

Investigou-se a obtenção de álcool, a partir de três variedades de banana: banana-maçã (*Musa sapientum* L.), banana-nanica (*Musa cavendishii* Lamb.) e banana-prata (*Musa sapientum* L.), com casca e sem casca, e em estado normal de maturação. Demonstrou-se que a variedade que melhor se adapta à fermentação, com melhores rendimentos em álcool, é a banana-nanica.

Os resultados comparativos do rendimento em álcool foram os seguintes: banana-nanica - 85,76%, banana-maçã - 84,52% e banana-prata - 62,87%.

Empregando-se diversos tipos de nutrientes e agentes sacarificantes, comparou-se sua ação pela determinação do rendimento em álcool, relacionando-o ao de ensaios realizados sem nutrientes e sem agentes sacarificantes. Verificou-se que sem o emprego de nutrientes, o rendimento em álcool era superior aos encontrados quando estes eram utilizados.

Com o emprego de agentes sacarificantes, os melhores rendimentos obtidos foram constatados nos ensaios em que se fez uso de

amílase fúngica; com exceção da banana-prata, que apresentou o melhor rendimento sem a participação de amílase fúngica ou de malte de cevada.

Fig. N.º	34
Proc. N.º	2624/71
Rubrica	<i>[assinatura]</i>

Incubando-se o mosto a 30°C, o tempo total de fermentação oscilou entre 12 e 15 horas.

O álcool obtido é de boa qualidade, com o qual foram preparados uísque e licores de café, banana e cereja, que se comparam bem com os produtos nacionais similares, fato que permite seu emprego como substituto de álcool de cereais, que é comumente utilizado para a mesma finalidade.

S U M M A R Y

Fis. N.º	35
Proc. N.º	2624/11
Rub.	JH

Obtention of alcohol was researched from three varieties of banana: Banana-maçã (Musa sapientum L.), Banana-nanica (Musa caven-dishii Lamb.), and Banana-prata (Musa sapientum L.), with and without skin, and in ripening stage. It was demonstrated that the variety which is best adaptable to fermentation, with the best yield in terms of alcohol, is the "banana-nanica".

Comparative results for alcohol yield were as follows: Banana-nanica - 85.76%, Banana-maçã - 84.52%, and Banana-prata - 62.87%.

By employing different types of nutrients and saccharifying agents, their action was compared through alcohol yield determination relating it to those of experiences carried out without nutrients or saccharifying agents. It was observed that the alcohol yield obtained without employment of nutrients was superior to that obtained when such agents were used.

Employing saccharifying agents, the best yields were obtained on experiences where fungical amylase was used; with the exception of "Banana-prata", which presented a better yield without the parti-

cipation of fungical amylase or barley malt.

Fls. N.º	36
Proc. N.º	2624/71
Rub.	<i>[Signature]</i>

By incubating must at 30°C, the total fermentation time oscilated between 12 and 15 hours.

The alcohol obtained was of good quality, and with it were prepared whisky and coffee, banana, and cherry liqueurs, which compare well to national similar products, a fact which allows its employment as replacement for cereal alcohol, which is commonly used for the same purpose.

II - INTRODUÇÃO E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Fls. N.º 37

Proc. N.º 2624/77

Rub. *[assinatura]*

Este trabalho foi planejado com vistas no aproveitamento dos resíduos e excedentes de banana das zonas de exportação. É bem conhecido que, nestas zonas, os resíduos são grandes, especialmente de produto que não se enquadra nas especificações de exportação, em geral no que se refere ao tamanho e à maturação. Além disso, na maioria dos países sul-americanos exportadores da fruta, os bananeiros acham-se retirados dos locais de consumo, sem condições de transporte do produto para a sua distribuição, de maneira que o volume de frutas não aproveitadas é grande, com a maior parte empregada na alimentação de animais.

A produção de álcool com base no aproveitamento desses resíduos seria de suma importância, já que poderia substituir o álcool de cereais, de custo mais elevado, que é empregado para elaboração de bebidas alcoólicas e perfumes.

Para a realização desta pesquisa, três variedades de bananas foram escolhidas, a saber: banana-maçã (Musa sapientum L.), banananica (Musa cavendishii Lamb.) e banana-prata (Musa sapientum L.). A composição química dessas variedades já era conhecida pelo estudo feito por Rocha de Almeida e Valsechi (5), cujos resultados estão re produzidos nos quadros que seguem:

Banana-maçã

Musa sapientum L.

Musaceae

Procedência: Piracicaba

Fls. N.º	38
Proc. N.º	2628/71
Rub.	5

Amostras

1

2

3

4

Composição da polpa

Água	72,89	71,32	67,77	73,46	73,54
Sólidos totais	27,11	28,68	32,33	26,54	26,46
Proteínas	2,42	1,41	1,42	1,44	1,66
Matérias graxas	0,14	0,24	0,12	0,26	0,10
Açúcares totais	20,38	23,73	25,00	21,84	20,77
Açúcares redutores	15,63	19,43	22,14	18,24	15,88
Sacarose p.d.	4,51	4,09	2,72	3,41	4,65
Fibra	0,70	0,34	0,51	0,48	0,30
Cinzas	0,44	0,63	0,61	0,56	0,71
N.d.	3,27	2,54	2,71	2,14	3,22
pH	5,8	5,6	5,7	5,8	5,6

Composição da cinza

Sílica (SiO_2)	1,91	1,18	2,41	1,02	3,07
Cálcio (CaO)	0,51	1,50	1,69	1,25	2,01
Magnésio (MgO)	1,21	1,37	1,06	1,25	1,72
Potássio (K_2O)	42,92	42,18	42,30	39,19	38,47
Sódio (Na_2O)	2,39	5,19	3,47	4,26	3,66
Fósforo (P_2O_5)	7,43	8,65	8,71	8,06	8,99
Ferro (Fe_2O_3)	0,11	0,61	0,33	0,26	0,16
Alumínio (Al_2O_3)	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01

Cloretos (Cl)	3,75	2,23	3,47	3,37
Sulfatos (SO ₃)	5,99	3,70	4,27	4,29

Fls. N.º	39
Proc. N.º	3,17 2624/7
Rub.	3,23

Banana-prata

Musa sapientum L.

Musaceae

Procedência: Piracicaba

Amostras	1	2	3	4	5
Composição da polpa					
Água	75,50	73,51	74,31	75,21	75,76
Sólidos totais	24,50	26,49	25,69	24,79	24,24
Proteínas	1,43	1,37	1,01	1,45	1,13
Matérias graxas	0,23	0,34	0,27	0,24	0,27
Açúcares totais	20,86	22,25	22,62	20,93	20,79
Açúcares redutores	15,09	12,67	13,84	12,53	13,32
Sacarose p.d.	5,53	9,10	8,34	7,98	7,10
Fibra	0,41	0,37	0,47	0,36	0,42
Cinzas	0,84	0,90	0,58	0,60	0,76
N.d.	1,02	1,74	1,18	1,63	1,24
pH	5,7	5,6	5,8	5,7	6,0

Composição da cinza

Sílica (SiO ₂)	2,25	3,13	3,74	2,65	3,01
Cálcio (CaO)	2,11	2,84	2,27	2,14	4,57
Magnésio (MgO)	1,72	1,41	1,52	1,25	3,26
Potássio (K ₂ O)	41,32	53,45	49,81	51,32	39,25

Sódio (Na_2O)	1,34	2,55	2,06	2,34	
Fósforo (P_2O_5)	7,43	8,67	8,01	8,31	
Ferro (Fe_2O_3)	0,41	0,43	0,42	0,22	
Alumínio (Al_2O_3)	0,01	0,07	0,01	0,01	
Cloretos (Cl)	3,73	3,69	3,85	3,38	3,70
Sulfatos (SO_3)	4,42	4,45	3,89	3,84	4,12

Fls. N.º	40
2,10	
Proc. N.º	2624/71
8,71	
Rub.	42

Banana-nanica

Musa cavendishii Lamb.

Musaceae

Procedência: Piracicaba

Amostras (*)	1	2	3	4	5
Composição da polpa					
Água	75,12	74,39	74,00	73,76	76,09
Sólidos totais	24,88	25,61	26,00	26,24	23,91
Proteínas	1,32	1,22	1,01	1,01	1,11
Matérias graxas	0,90	0,50	0,21	0,62	0,72
Açúcares totais	19,44	20,73	22,64	21,41	19,58
Açúcares redutores	13,44	16,39	16,23	17,29	15,25
Sacarose p.d.	5,70	4,16	6,09	3,91	4,11
Fibra	0,62	0,72	0,63	0,73	0,57
Cinzas	0,61	0,82	0,73	0,87	0,77
N.d.	2,29	1,84	1,10	1,81	1,38
pH	5,8	6,0	5,8	5,6	5,6

Composição da cinza

Sílica (SiO_2)	1,69	2,52	3,03	2,74	2,81
Cálcio (CaO)	4,31	4,70	4,78	4,21	4,21
Magnésio (MgO)	1,31	0,58	0,72	0,88	0,50
Potássio (K_2O)	39,68	39,79	39,05	40,19	38,64
Sódio (Na_2O)	1,64	1,66	1,75	1,54	2,64
Fósforo (P_2O_5)	8,21	9,13	8,91	8,09	7,74
Ferro (Fe_2O_3)	0,17	0,18	0,25	0,11	0,38
Alumínio (Al_2O_3)	0,01	0,09	0,06	0,01	0,06
Cloretos (Cl)	3,33	3,24	3,10	3,32	4,33
Sulfatos (SO_3)	4,79	4,96	4,67	4,98	5,00

Fls. N.º	41
Proc. N.º	2624/71
Rub.	3,32

(*) Das nove amostras analisadas, são reproduzidos os resultados ana
líticos de apenas cinco.

Rocha de Almeida (6) estudou os rendimentos teóricos de álcool que poderiam ser fornecidos por algumas variedades de banana, tanto em estado verde como maduro, com base nos resultados das análises por ele efetuadas. Fêz um estudo sobre a sacarificação do amido, empregando métodos químicos e biológicos, em banana verde sem casca, seca, depois de convertida em farinha. Os dados apresentados em seu trabalho, foram obtidos dos estudos realizados com a variedade "Pai Antônio", tanto no estado maduro, como verde. Em bananas maduras obteve rendimentos práticos de 74 - 75% do rendimento teórico, e quanto às bananas verdes, verificou que o rendimento é variável, dependendo do método empregado para a sacarificação. Quando utilizou ácido para a hidrólise, o rendimento foi de 70,5% do rendimento teórico. Para o processo de sacarificação por malte de cevada, o ren -

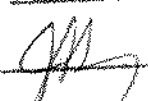
dimento foi um pouco mais elevado, correspondendo, aproximadamente, a 75% do rendimento teórico. Com o processo amilo, o rendimento que encontrou foi, aproximadamente, equivalente ao obtido na fermentação de bananas maduras, atingindo cerca de 77% do rendimento teórico.

Fls. N.º	42
Proc. N.º	2624/71
Rub.	

Simmonds (7), em seu livro "Bananas", refere-se à preparação de cerveja de banana, em Uganda, e à outras bebidas alcoólicas de banana de menor importância. Os métodos de preparação baseiam-se na trituração da polpa madura com água e, dependendo da quantidade desta, o açúcar pode ser incorporado ou não, a fim de que o mosto o contenha em quantidade suficiente. Informa, também, que um "espírito" destilado, preparado de bananas fermentadas, e envelhecido, um ano, em tonéis de madeira, sob o nome de "whisky", conferiu-lhe uma medalha de ouro na Exposição de St. Louis (FOWCET - 1913).

Angelieri e outros (1) prepararam aguardente a partir de suco de banana-nanica (*Musa cavendishii*), empregando bananas em estado adiantado de maturação. Os rendimentos relativamente baixos obtidos, foram devidos ao fato de terem sido utilizadas bananas "de inverno". A extração do suco foi feita por um método patenteado por A. Machado, que consiste em colocar a banana sem casca em recipiente de aço inoxidável ou vidro, submetendo-a a aquecimento em autoclave. O suco é separado por simples decantação ou por peneiragem. O suco obtido, com ou sem correção de açúcares, foi inoculado com levedura prensada (fabricada pela "Standard Brands do Brasil"), de tal maneira que se conseguiu uma concentração inicial de leveduras de 10 a 15g/l. O suco foi incubado em estufa a 30°C, até o final da fermentação. Diversos ensaios foram realizados, empregando-se penicilina G potássica como desinfetante da fermentação. A aguardente foi obtida pela

destilação do suco fermentado. No produto final, foram efetuadas análises de acidez total, açúcares redutores totais, pH e teor de álcool.

Fls. N.º	43
Proc. N.º	2624/71
Rubrica	

III - MATERIAIS E MÉTODOS

1. Matéria-prima: preparação, fermentação, destilação e retificação.

No presente estudo, foram utilizados frutos de três variedades de banana - banana-nanica (Musa cavendishii Lamb.), banana-maçã (Musa sapientum L.) e banana-prata (Musa sapientum L.) - em estado de maturação normal.

Os ensaios de fermentação foram realizados em frutos com casca e sem casca. Após pesagem de uma determinada quantidade de matéria-prima, colocou-se uma quantidade de água, correspondendo à proporção de 55 g de produto, para 45 g de água. A mistura foi liquidificada e do produto resultante foram colocados 1.000 g em Erlenmeyer de 2 litros. A seguir, foram adicionados os nutrientes, conforme indicados nos Quadros 1 e 2. Esterilizou-se em autoclave a 100°C, durante 30 minutos; resfriou-se a 30°C e regulou-se o pH a 4,5, com ácido sulfúrico. As amostras foram depois inoculadas com 5 g/l de levedura de panificação dissolvida em água, e incubadas em estufa (C.B. retilínea Mod. 002/3, com regulador automático de temperatura) a 30°C, a fim de se efetuar a fermentação.

Para a sacarificação do amido da banana, foram empregados malte de cevada e amilase fúngica. Para isso, as amostras foram preparadas da mesma maneira descrita anteriormente. Depois de adicionar ou não os nutrientes, aqueceu-se a 65°C, adicionou-se o malte ou a amilase fúngica, nas proporções de 10 g de malte em suspensão aquosa ou 50 ml de amilase fúngica, por kg de amostra, e deixou-se àquela temperatura durante 60 minutos. Em seguida, resfriaram-se as amostras e regulou-se o pH a 4,5, com ácido sulfúrico; esterilizou-se a 100°C durante 30 minutos, resfriou-se e inoculou-se com levedura, conforme foi descrito.

A composição das amostras utilizadas para este ensaio, está apresentada no Quadro 3.

Foram feitos, também, ensaios sem o emprego de nutrientes e de agentes sacarificantes, a fim de se poder verificar o seu efeito, conforme mostrado nas Figuras 3, 4a, 4b e 4c.

De três em três horas, foram tomadas amostras do produto em fermentação, a fim de determinar o consumo de açúcares redutores totais, bem como o final da fermentação. Uma vez terminada esta, uma parte do mosto foi destilada para determinação do rendimento em álcool, sendo a parte restante submetida a idêntica operação, obtendo-se uma graduação alcoólica aproximada de 30°GL. Os álcoois obtidos nas condições anteriores foram reunidos e retificados, com refluxo, obtendo-se uma graduação de 76°GL. Foi feita uma segunda retificação, também com refluxo, com a finalidade de aumentar o grau alcoólico, mediante a separação de 10% de cabeça e 20% de cauda, conseguindo-se, assim, o teor de 87°GL.

2. Análises da matéria-prima

Fls. N.º	45
Proc. N.º	2624/71
Rub.	<i>[assinatura]</i>

Na matéria-prima liquidificada foram realizadas análises de açúcares totais, graus Brix e pH.

Os açúcares redutores foram analisados pelo método de Fehling, os graus Brix determinados com o emprego de um refratômetro de laboratório e o pH medido com um aparelho Metrohm.

2.1. Açúcares redutores totais

Em todos os ensaios efetuados, foram determinados os açúcares redutores totais no produto inicial, finalizada a sacarificação, depois da esterilização, e logo cada três horas, a partir do momento da inoculação com levedura.

Essas análises foram feitas pelo método de Fehling, que consiste em determinar a quantidade de substância que reduz completamente um volume dado de licor de Fehling. A clarificação ou defecação, foi feita segundo o processo de Munson e Walker (4), no qual se empregam soluções de acetato de zinco 1M e ferrocianeto de potássio 0,5M, em quantidades proporcionais a 7:6.

2.2. Determinação do teor alcoólico nos mostos

Finda a fermentação, determina-se a quantidade de álcool produzido, da seguinte maneira: pesam-se 250 g de mosto, coloca-se uma quantidade de água e destilam-se cerca de 150 ml, comprovando-se a inexistência de álcool no mosto. Feito isso, adiciona-se água des-

tilada ao álcool obtido, até 250 g, e determina-se a quantidade de álcool existente, empregando-se um alcoômetro de Gay Lussac e fazendo-se a correção da leitura da amostra, para a temperatura especificada no alcoômetro.

Fls. N.º

46

Proc. N.º

2624/71

Assinatura

Ruben

3. Análises do álcool obtido (2)

No álcool retificado, foram determinados: grau alcoólico, acidez total e conteúdos de ésteres, aldeídos e álcoois superiores, tais como álcool propílico, isobutílico e isoamílico.

3.1. Grau alcoólico

O grau alcoólico foi determinado mediante emprego de um alcoômetro de Gay Lussac.

3.2. Acidez total

A amostra deve-se encontrar isenta de CO_2 , para o que foi colocada em banho-maria, até a ebulição, sendo a seguir titulada por uma solução de NaOH 0,1N.

3.3. Ésteres

A concentração de ésteres é determinada na mesma amostra que serviu para determinação da acidez total, adicionando-se a ela, uma quantidade exatamente medida de NaOH de título conhecido, e deixan-

do-a durante 1 hora em ebulição sob refluxo, depois esfriando, adicionando uma quantidade idêntica de ácido sulfúrico de título também conhecido, e titulando-se o excesso de ácido com a mesma solução de NaOH.

Fls. N.º	47
Proc. N.º	2624/71
Título	Alc.

3.4. Aldeídos

A determinação volumétrica dos aldeídos é feita tomando-se uma amostra de álcool em um balão volumétrico de 50 ml, à qual se agrega uma solução alcoólica de sulfito de sódio em meio ácido, exatamente medida, aquecendo-se o balão a 50°C, em banho-maria, durante 4 horas. Resfria-se e titula-se com uma solução de iodo em iodeto de potássio de normalidade conhecida. Paralelamente, prepara-se um balão-testemunha, nas mesmas condições do teste.

3.5. Álcoois superiores

Os álcoois superiores que podem ser encontrados são produtos de fermentações secundárias. São constituídos principalmente de álcool amílico, assim como de álcoois isobutílico, butílico normal e propílico normal.

A determinação dos álcoois superiores foi feita por cromatografia a gás (3), nas seguintes condições:

Aparelho: Beckman Mod. G.C. 4, com ionização de chama.

Coluna: Aço inoxidável - 3m - ϕ 1/8".

Suporte: Cromossorb W 30 - 60

Fis. N.º	48
Proc. N.º	2624/71
Rub.	

Fase estacionária: Carbowax 1.500 a 15%

Condições de trabalho do cromatógrafo:

Temperatura: Coluna - 75°C

Detector - 200°C

Vaporizadores - 100°C

Fluxo: Nitrogênio - 70 cc/minuto

Hidrogênio - 60 cc/minuto

Ar - 200 cc/minuto

Padrão interno: p/p dioxano

Os resultados dessas análises, encontram-se no Quadro 20.

4. Preparação de bebidas alcoólicas

Foram preparados uísque e licores.

4.1. Uísque

Utilizamos 450 ml de álcool de 87°CGL, ao qual adicionamos água até se obter uma graduação de 65°CGL ($\pm$ 200 ml).

Ao líquido assim preparado, adicionamos carvão ativo à razão de 1 g/l, o qual tem por finalidade absorver ésteres, aldeídos e óleo de fúsel, para purificar o álcool. Assim feito, coloca-se em

Fls. N.º	49
Protocolo N.º	2624/71
Rub.	fil- água,

geladeira, durante 24 horas, agitando-se de quando em quando. final deste período, filtra-se em papel adequado. Em 600 ml do trado, adicionam-se 250 ml de extrato de uísque a 60%GL, e até se obter um grau alcoólico de 42,8%GL. Incorporam-se ao filtrado, caramelo, em quantidade suficiente para dar coloração, e raspas de carvalho torradas, que têm por finalidade realizar um envelhecimento rápido. Coloca-se, novamente, na geladeira, até alcançar uma temperatura de 15°C, para a homogeneização, depois filtra-se e engarrafa-se.

4.2. Licores

Foram preparados três tipos de licores, a saber: de café, banana e cereja.

4.2.1. Preparação do xarope

Glicose	600 g
Sacarose.....	600 g
Água desmineralizada - q.s.p. -	2.000 ml

Em três erlenmeyers, colocam-se:

Xarope	600 ml
Álcool de banana	300 ml
Água desmineralizada	100 ml

Em cada um deles, coloca-se 1 g de carvão ativo por litro, que tem a finalidade descrita anteriormente. Agita-se, coloca-se na geladeira durante 24 horas, agitando-se, novamente, de quando em quando, e filtra-se em papel.

4.2.2. Licor de café

Fis. N.º	50
Proc. N.º	2624/71
Rub.	seguinte

Prepara-se um concentrado de café, da seguinte maneira:

Café em pó 200 g
Água em ebulição 400 ml

Mistura-se durante duas horas, com agitação constante, e filtra-se em papel.

150 ml do concentrado de café são colocados em um dos erlenmeyers, preparados conforme o item anterior, acrescidos de 4 ml de essência de cacau solúvel e 10 ml de essência de café (Esrolko 73.549/A). Agita-se a mistura, coloca-se em geladeira, até que alcance uma temperatura inferior a 15°C, filtra-se e engarrafa-se.

4.2.3. Licor de banana

Em outro dos erlenmeyers, preparados conforme o item 4.2.1, adicionam-se "curcuma", em quantidade suficiente para fornecer a coloração apropriada, e 10 ml de essência de banana (Esrolko-73.443/B), procedendo-se, então, como descrito no item anterior.

4.2.4. Licor de cereja

Ao erlenmeyer remanescente, adicionam-se o colorante vermelho "Bordeaux", em quantidade suficiente para fornecer coloração apropriada, e dois tipos de essência de cereja nacionais (Esrolko nº 83.781 e C.B. 82.090), na proporção de 10 e 6 ml, respectivamente, procedendo-se, em seguida, como nos itens anteriores.

IV - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fls. N.º	51
Proc. N.º	2624/71
Rub.	<i>[assinatura]</i>

1.1. Considerações gerais

As fermentações foram efetuadas em erlenmeyers de 2 litros, controlando-as até 15 horas, a partir da inoculação, e procedendo-se às análises de consumo de açúcares.

Foram efetuados ensaios, variando a concentração da matéria-prima, com 66,66 g de banana e 33,33 g de água, sendo que o produto resultante, foi um líquido muito viscoso, que apresentou dificuldades para trabalhar, inclusive na etapa de fermentação. As incubações foram feitas sempre na mesma estufa e na mesma condição de temperatura (30°C).

A banana-nanica e a banana-prata não apresentaram problemas de manipulação, após serem liquidificadas; enquanto que a banana-maçã, ao ser liquidificada e deixada em repouso, apresentou uma separação das fases, o que dificultou sua manipulação e a tomada de amostras para análise.

Durante a fermentação, puderam ser observadas quatro etapas bem definidas: de zero a três horas, a fermentação foi muito lenta; de três a seis horas, ela foi acelerada; de seis a nove horas, ela foi sempre tumultuosa; e de nove a quinze horas, voltou a se apresentar como fermentação lenta.

A fermentação tumultuosa caracterizou-se pela formação de gran

des quantidades de CO_2 , chegando a ponto do material transbordar dos frascos, fato que aconteceu nos ensaios 1 e 2, quando se trabalhou com banana sem casca.

Fls. N.º	52
Proc. N.º	2624/71
Rub.	

Empregando-se banana com casca, ocorreram novamente as mesmas etapas de fermentação, sendo que, entretanto, a fase tumultuosa se caracterizou por ser mais fraca, sem que o material chegasse a transbordar dos frascos.

O final da fermentação foi determinado pela constância dos resultados obtidos nas análises de consumo de açúcares. A característica principal do mosto foi a não formação de gás carbônico e a separação das fases.

Uma vez terminada a fermentação, é preciso proceder imediatamente à destilação, ou colocar o vinho em geladeira, para evitar acetificação ou contaminações que podem prejudicar o produto final.

Ao proceder à destilação dos vinhos, apresentou-se o problema da formação de espumas, inconveniente que foi resolvido pela adição de 1 ml de óleo de amendoim por litro de vinho.

1.2. Efeitos dos diversos tipos de nutrientes sobre a fermentação

1.2.1. Banana sem casca

Como pode ser observado pela Figura 1a e pelos quadros 4 e 5, os melhores nutrientes foram aqueles empregados nos ensaios 2 e 4, nos quais foi conseguido maior rendimento de álcool. O ensaio 4 apre-

sentou sobre o ensaio 2, a vantagem da não formação de espuma na destilação do vinho, e a fermentação não foi tão acentuada durante a etapa tumultuosa.

Fls. N.º	53
Rec. de	26/24/11
Rub.	

1.2.2. Banana com casca

Os nutrientes que forneceram melhor resultado para o rendimento da fermentação, foram os empregados no ensaio nº 4.

De maneira geral, nos ensaios realizados com banana com casca, a etapa tumultuosa da fermentação não foi tão violenta como quando se trabalhou com banana sem casca (Figura 1b, Quadros 6 e 7).

1.2.3. Comparação da fermentação da banana com casca e sem casca

Na Figura 2 e nos Quadros 8 e 9, pode-se notar a diferença de rendimentos, que é mais acentuada quando se trabalha com banana sem casca, sendo que esta é ocasionada pela diferença no conteúdo de açúcares. Mas, levando-se em conta o fato de que a casca representa, em média, 50% do peso total da banana, podemos deduzir que esta proporciona, aproximadamente, 10% do rendimento em álcool.

Ao trabalhar com bananas com casca, diminui-se o preço de operação, porque será abatido, nesse caso, o preço da mão-de-obra empregada no descascamento.

1.2.4. Comparação da fermentação empregando ou não nutrientes

Se tomamos para esta comparação, a amostra que fornece me-

lhores resultados em rendimento alcoólico, quando se empregam nutrientes, e a amostra em que não se empregam nutrientes (Figuras 10 e 11), conclui-se que os resultados são melhores no último caso, pois diminuem o custo da operação.

1.2.5. Ação dos agentes sacarificantes nos diferentes tipos de banana

Nestes ensaios, empregaram-se amilase fúngica e malte de cevada em suspensão aquosa, nas proporções indicadas no capítulo III. Com banana-maçã e banana-nanica, obtiveram-se rendimentos mais altos em álcool com o emprego da amilase fúngica.

Os resultados obtidos quando não foram utilizados agentes sacarificantes, são comparáveis aos encontrados quando se emprega amilase fúngica, podendo-se, portanto, dispensar o seu uso, como pode ser observado pelas Figuras 4a e 4b e pelos dados dos Quadros 12, 13, 14 e 15.

Quando se trabalhou com a banana-prata, os rendimentos obtidos foram os mesmos que ao se empregar a amilase fúngica ou malte de cevada, verificando-se um rendimento superior quando estes agentes não foram empregados (Figura 4c e Quadros 16 e 17).

1.2.6. Comparação das três espécies estudadas da banana

Pela Figura 5 e pelos dados dos Quadros 18 e 19, pode-se deduzir que a banana mais apropriada para a fermentação é ananica, por que possui maior quantidade de açúcares, e fornece, em consequência,

um maior rendimento alcoólico, além de ser mais fácil para trabalhar, ter sempre um preço inferior no mercado de consumo e ser de mão mais fácil.

Fls. N.º 55
Proc. N.º 2624/71
Robisi - [assinatura]

1.2.7. Alcool obtido

O álcool obtido é de muito boa qualidade, no que se refere à acidez e às quantidades de ésteres e aldeídos.

Quanto aos álcoois superiores, forneceu um resultado elevado, devido, principalmente, às condições de retificação, já que esta foi feita em laboratório, com sistema descontínuo, o que torna difícil a eficiência da operação; no entanto, usando-se uma coluna de retificação, já em escala industrial, pode-se, facilmente, reduzir sua proporção até o valor desejado.

Apesar disso, o álcool apresenta muito boas características em aroma e sabor, sendo que os licores dele preparados foram bastante aceitáveis, em relação aos produtos nacionais.

Além disso, bem refinado e neutralizado, este álcool poderia ser utilizado em perfumaria e cosméticos, como substituto do álcool de cereais.

V - CONCLUSÕES

1. Das variedades de banana estudadas, a que apresenta melhores características para a fermentação e obtenção de álcool, é a banana-nanica (Musa cavendishii Lamb.).

Fls. N.º	56
Proc. N.º	2624/71
Rec.	JA
diminui	

2. A banana deve apresentar um ótimo ponto de maturação, no qual o conteúdo de açúcares é mais elevado, para que não seja necessária a utilização de agentes sacarificantes. À medida que diminui o estado de maturação, maior é o conteúdo de amido e a proporção de peso em casca, exigindo, portanto, uma sacarificação para se obter um bom rendimento em álcool. Neste caso, recomenda-se o emprego de amilase fúngica, que foi o agente sacarificante que apresentou melhores resultados.

3. Não é necessário empregar nutrientes para o enriquecimento do mosto. Os resultados encontrados nestes ensaios, foram altamente satisfatórios sem o seu emprego.

4. Durante o período da fermentação tumultuosa, entre seis e nove horas, recomenda-se agitar o mosto, para que o "chapêu" formado, seja abaixado, evitando-se, desta forma, contaminações, ao mesmo tempo que o mosto transborda, especialmente tratando-se de banana sem casca.

5. Em escala industrial, recomenda-se utilizar banana com casca, e filtrar ou decantar o vinho antes da destilação, evitando-se, assim, a formação de espuma e o incrustamento na torre de destilação.

6. O álcool obtido apresenta características muito boas, podendo substituir perfeitamente o álcool de cereais, na elaboração de uísque e licores em geral.

Fis. N.º	57
Proc. N.º	2624/71
Rub.	<i>[Signature]</i>

VI - FIGURAS E QUADROS

Figura 1a. Diferentes tipos de nutrientes.

"Banana sem casca"



Fls. N.º 58
Proc. N.º 2624/71
Rub. [assinatura]

Figura 1b. Diferentes tipos de nutrientes.

"Banana com casca"

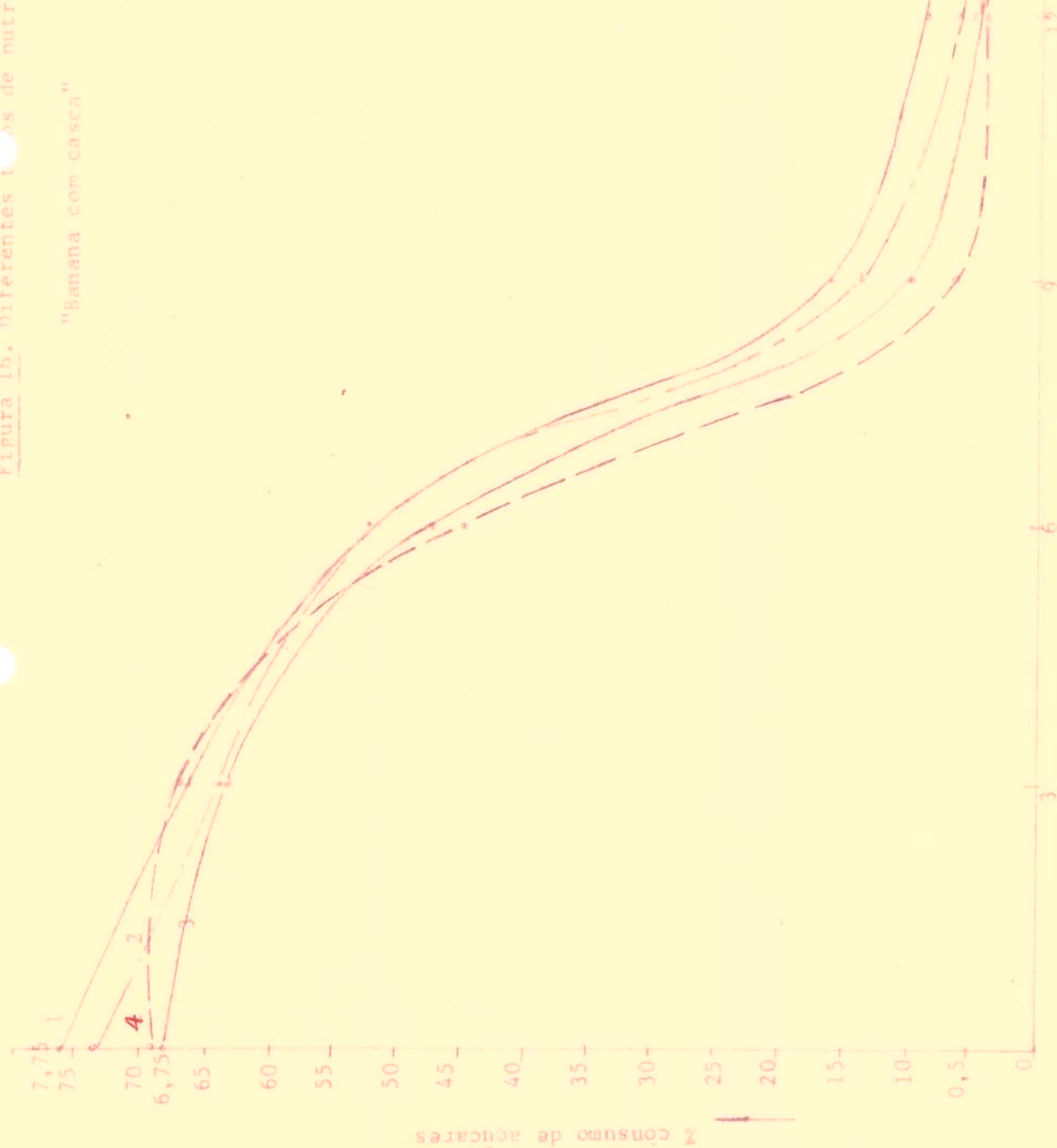


Figura 4. Variação da sem casca.

- 1- banana sem casca
- 2- banana com casca

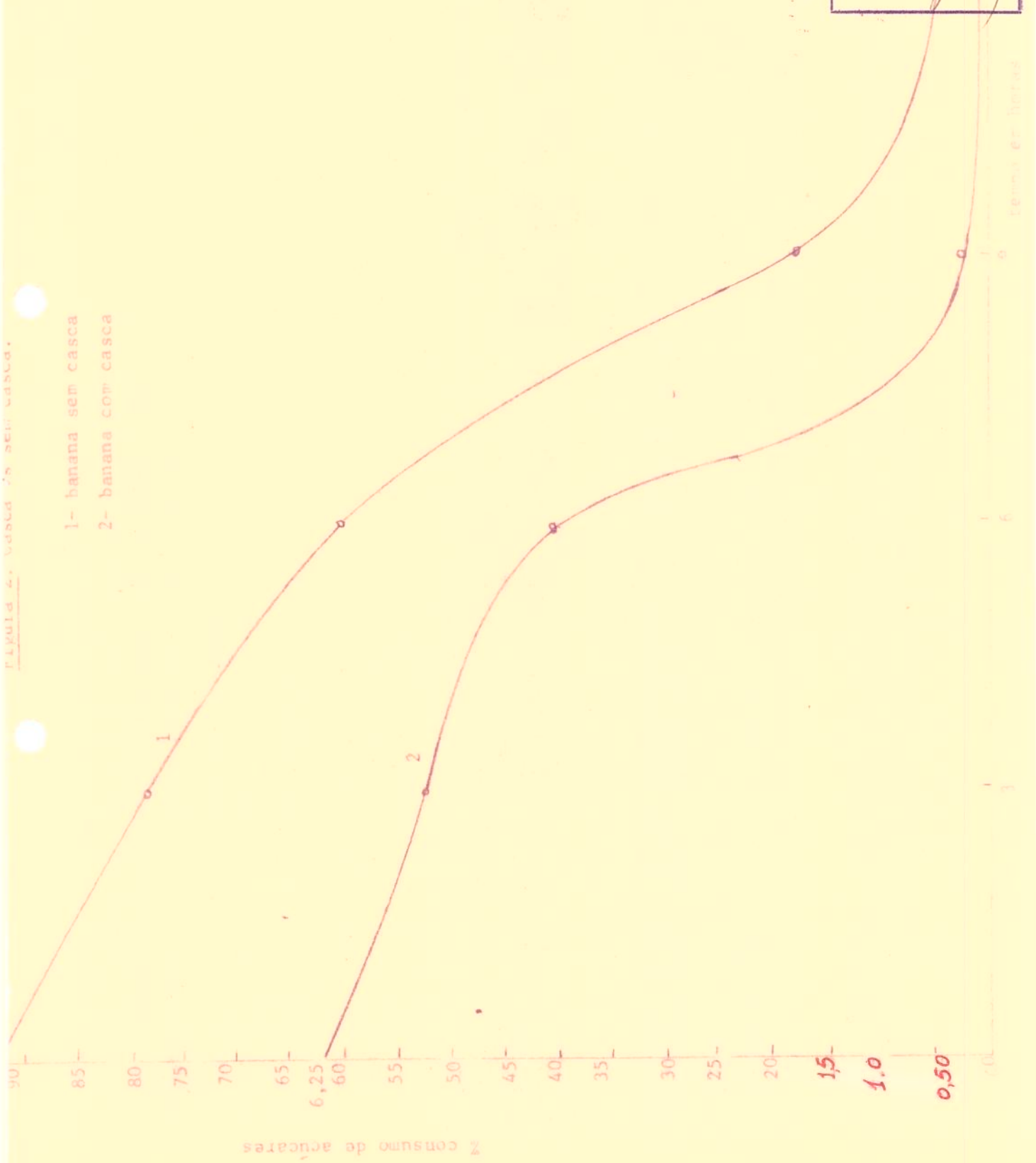
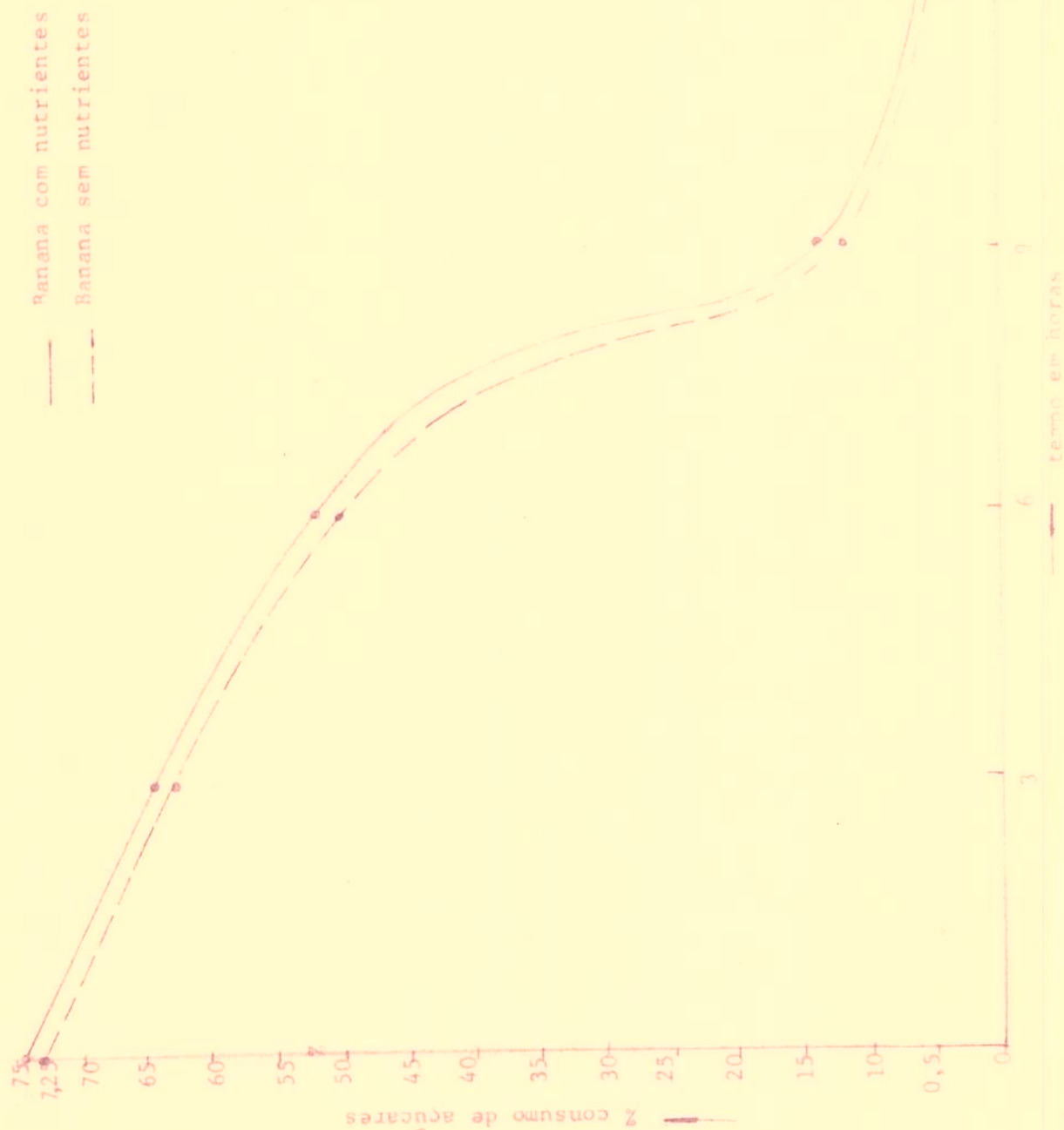


Figura 3. Nutrientes vs na nutrientes.



Fls. N.º 61
 Proc. N.º 2624/71
 Rub. *[Signature]*

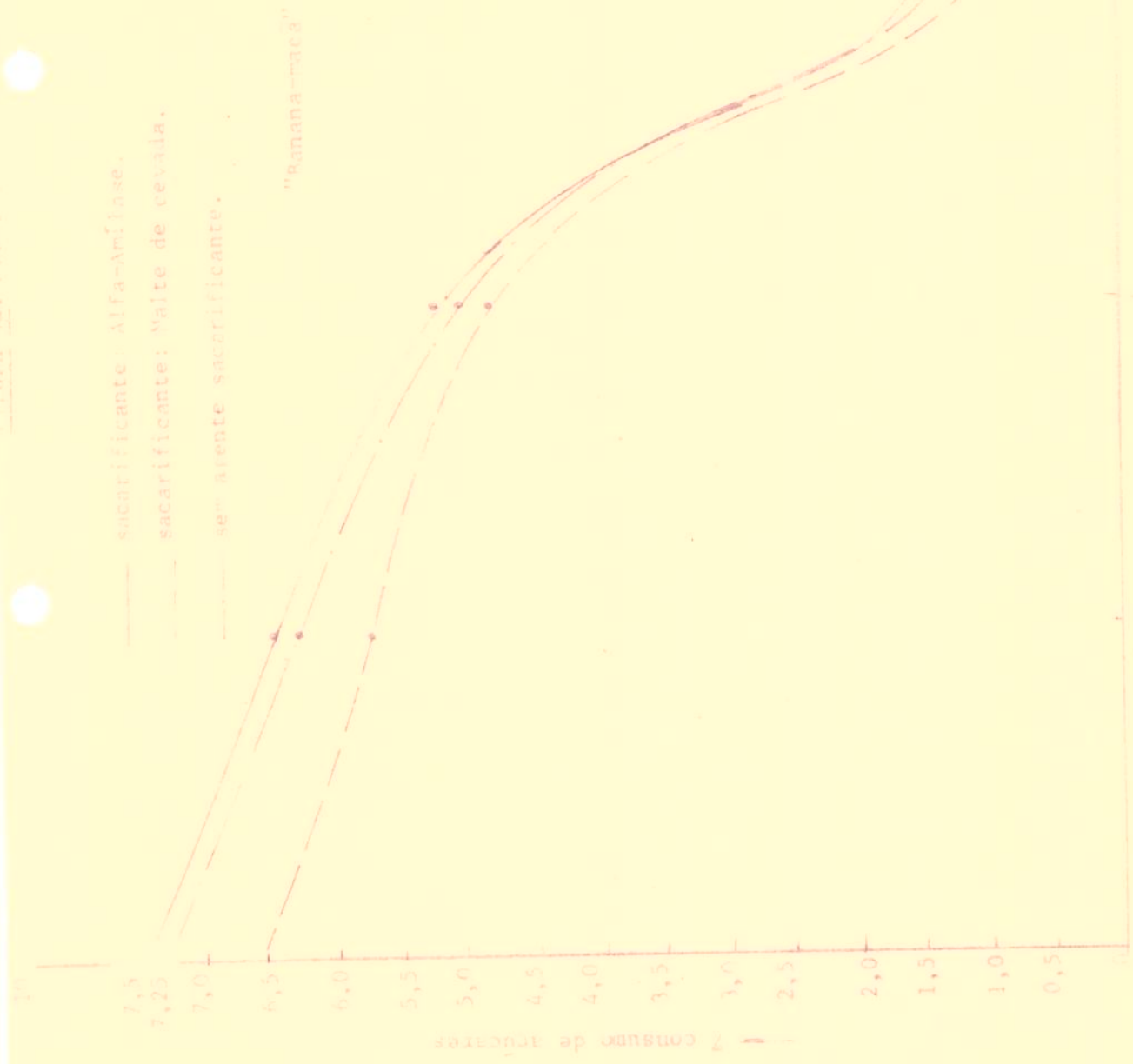
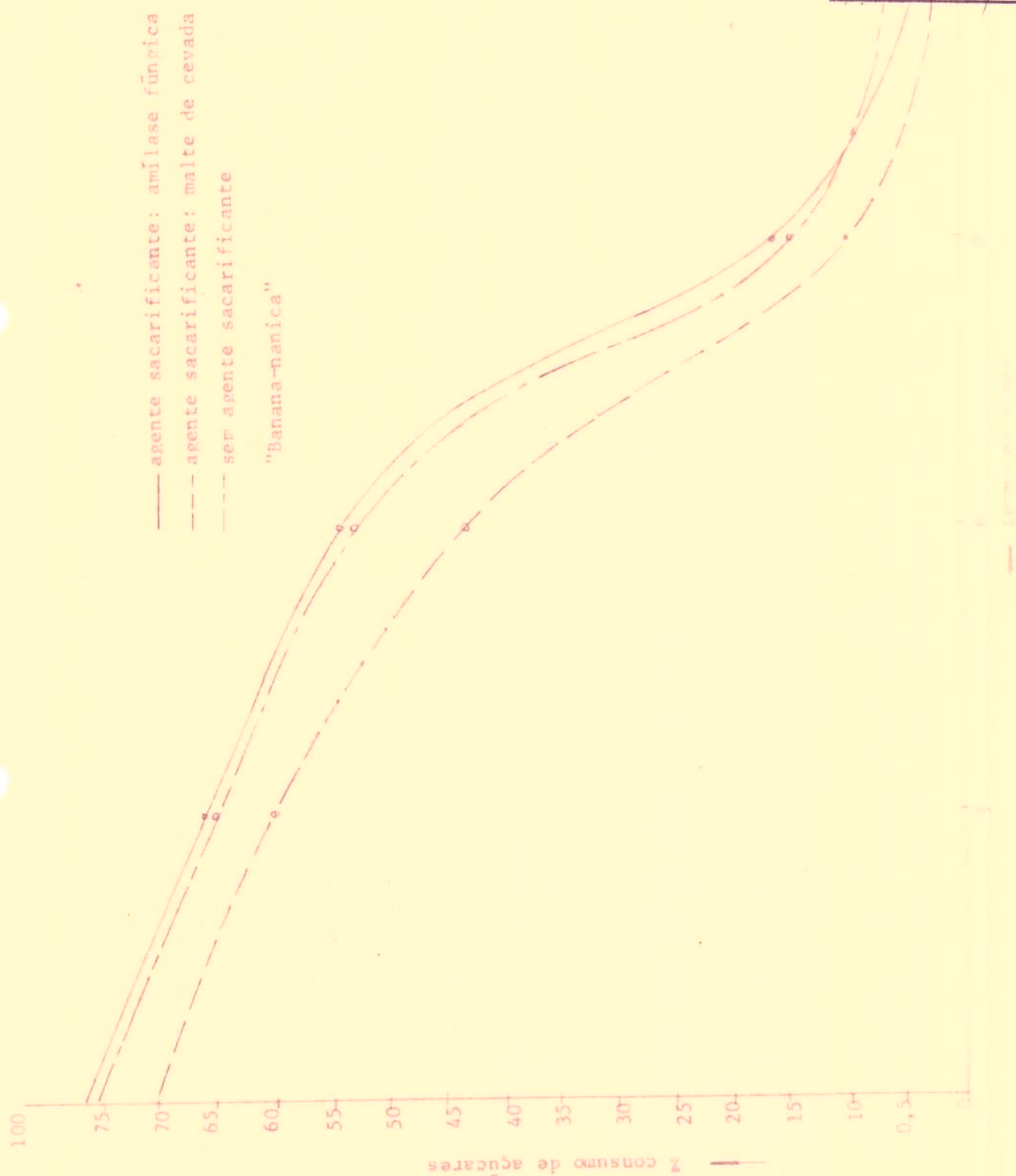


Figura 4b. Agentes sacarificantes vs nao sacarificantes.

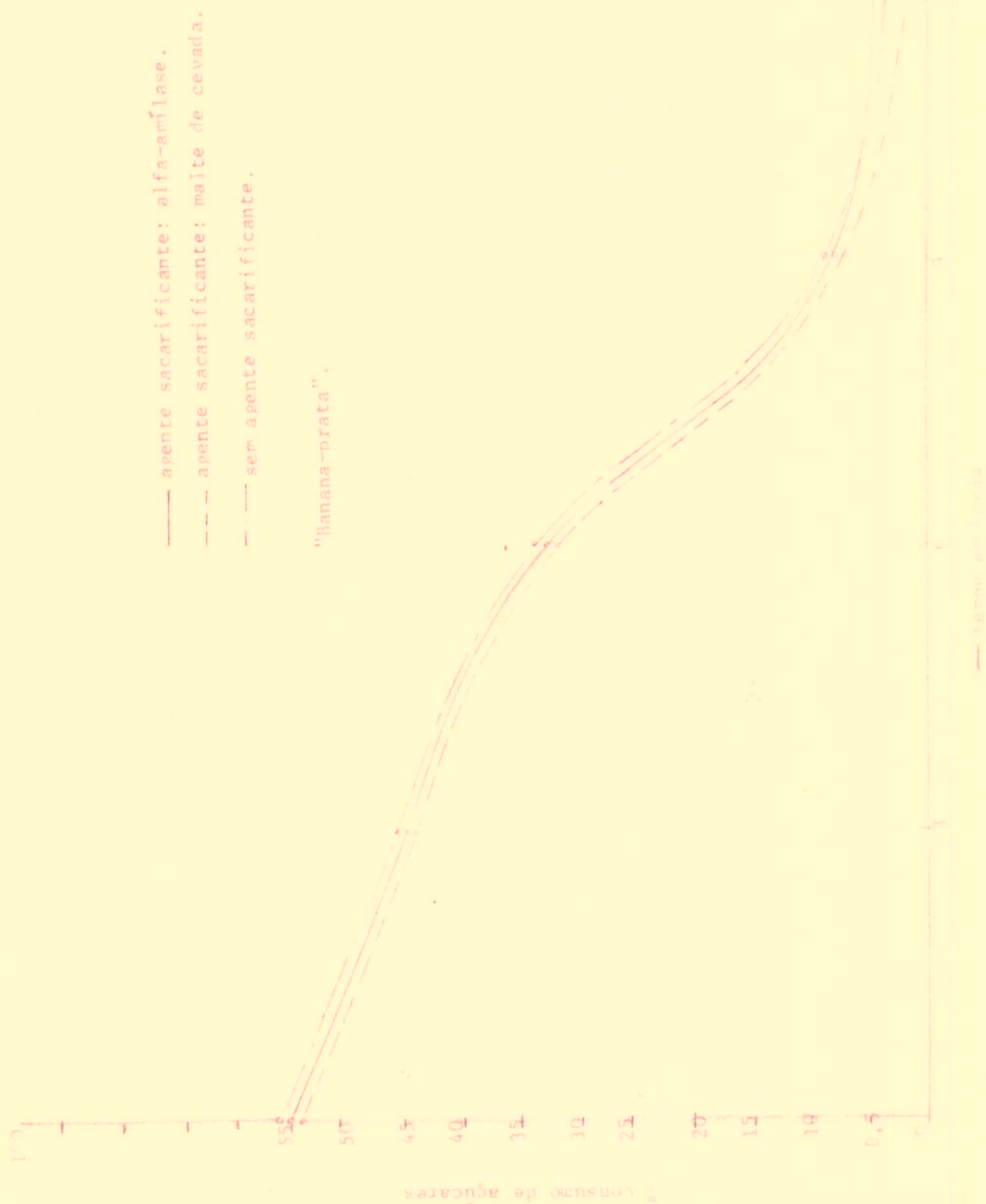


Fls. N.º 63

Proc. N.º 2624/71

Rub. *[Signature]*

Figura 4c. Agentes sacarificantes vs nao sacarificantes.



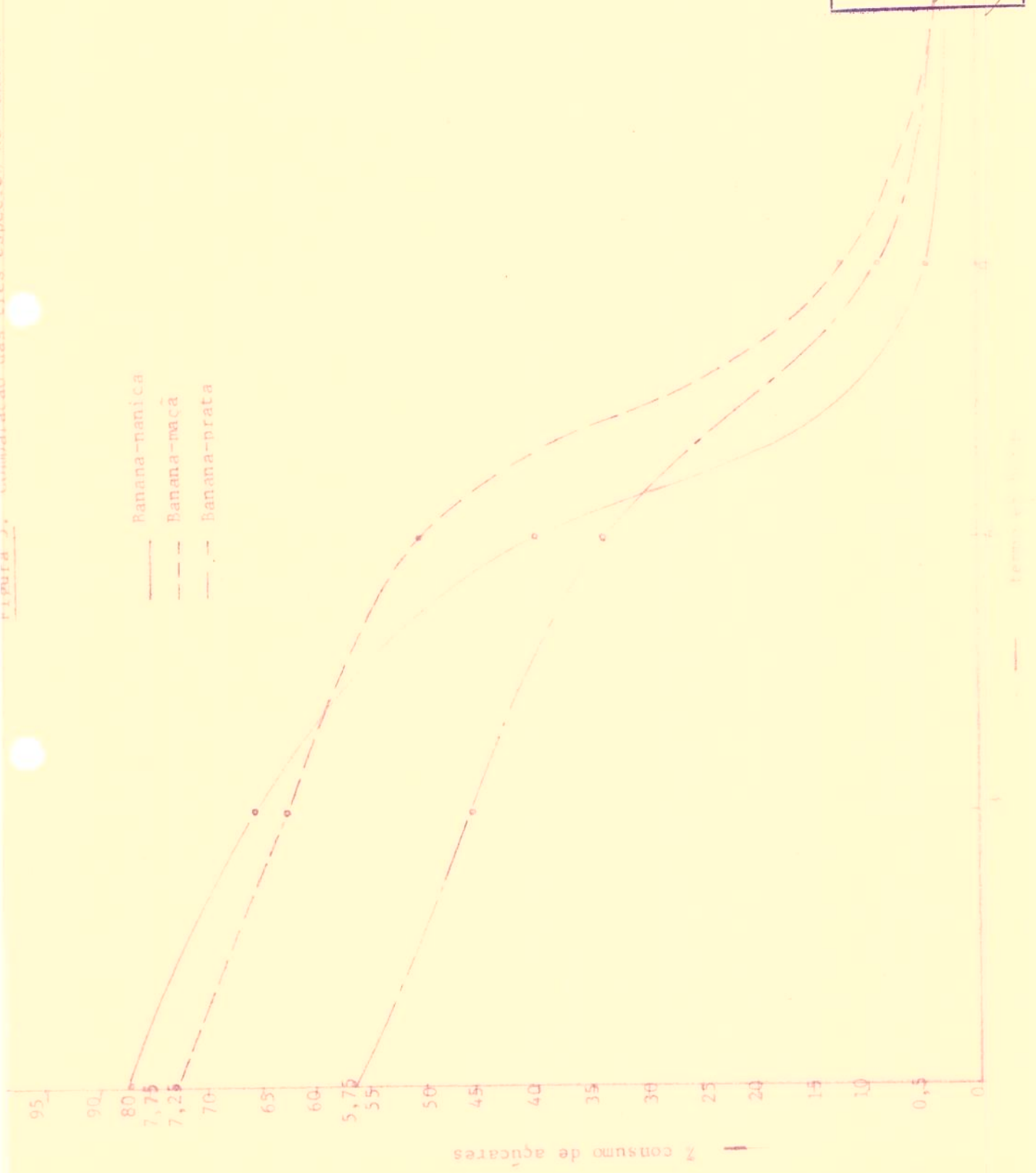
Fls. N.º 64

Proc. N.º 2624/71

Rub.

Fls. N.º 65
 Proc. N.º 2624/71
 Rub. *[assinatura]*

Figura 2 - Quantidade de açúcar consumida em função da temperatura



QUADRO Nº 1

Fls. N.º 66
 Proc. N.º 2624/71
 Rub. JB

Composição dos nutrientes para a fermentação, em gramasBanana sem casca

Ensaio	1	2	3	4
Componentes				
Polpa de banana	550	550	550	550
Água	450	450	450	450
$(\text{NH}_4)_2 \text{HPO}_4$	1,0	1,0	1,0	1,0
$\text{NH}_2 \text{CONH}_2$	0,5	-	1,0	-
$(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$	-	0,5	-	1,0

QUADRO Nº 2

Composição dos nutrientes para a fermentação, em gramasBanana com casca

Ensaio	1	2	3	4
Componentes				
Polpa + casca	550	550	550	550
Água	450	450	450	450
$(\text{NH}_4)_2 \text{HPO}_4$	1,0	1,0	1,0	1,0
$\text{NH}_2 \text{CONH}_2$	0,5	-	1,0	-
$(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$	-	0,5	-	1,0

QUADRO Nº 3

Fls. N.º 67
 Proc. N.º 2624/71
 Rub. JL

Composição das amostras para sacarificação

Ensaio	1	2	3
Componentes			
Polpa ou			
polpa + casca	550 g	550 g	550 g
Água	450 g	450 g	450 g
Malte de cevada	-	10 g	-
Amilase fúngica	50 ml	-	-

QUADRO Nº 4

Consumo de açúcares em %, durante 15 horas de fermentação,
empregando-se diferentes tipos de nutrientes.

Banana sem casca

Ensaio	<u>Tempo em horas</u>					
	0	3	6	9	12	15
1	10,00	9,36	7,62	4,04	0,33	0,33
2	10,00	8,76	7,36	4,20	0,78	0,35
3	9,46	8,54	6,98	3,53	0,39	0,39
4	8,96	8,58	6,60	2,30	0,33	0,33

Fis. N.º 68
 Proc. N.º 2624/71
 Rub. JL

QUADRO Nº 5

Rendimentos em álcool, empregando diferentes tipos de nutrientes

Banana sem casca

Ensaíos	Rend. em álcool	Rend. em álcool/	Teor alcoólico
	(Eq. Gay Lussac)	Matéria-prima	9GL a 15°C
	%	ml/100 g	
1	74,50	9,82	5,40
2	79,66	10,00	5,50
3	76,17	9,09	5,00
4	79,36	9,27	5,10

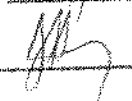
QUADRO Nº 6

Consumo de açúcares em %, durante 15 horas de fermentação, empregando-se diferentes tipos de nutrientes

Banana com casca

Ensaíos	Tempo em horas					
	0	3	6	9	12	15
1	7,64	6,60	5,10	1,57	0,88	0,44
2	7,42	6,38	5,16	1,35	0,52	0,20
3	6,86	6,34	4,68	0,97	0,35	0,35
4	6,90	6,68	4,48	0,58	0,45	0,35

QUADRO Nº 7

Fls. N.º 69
 Proc. N.º 2624/71
 Rub. 

Rendimentos em álcool empregando-se diferentes tipos de nutrientes

Banana com casca

Ensaio	Rend. em álcool (Eq. Gay Lussac)	Rend. em álcool/ Matéria-prima	Teor alcoólico %GL a 15°C
	%	ml/100 g	
1	72,20	6,10	3,35
2	76,30	6,37	3,53
3	76,79	6,55	3,60
4	78,92	6,73	3,70

QUADRO Nº 8

Consumo de açúcares, em %, durante 12 horas de fermentação.

Banana com casca e sem casca

Ensaio	Tempo em horas				
	0	3	6	9	12
S/ casca	9,24	7,84	6,08	1,17	0,43
C/casca	6,28	5,24	4,02	0,21	0,04

QUADRO Nº 9

Fls. N.º	70
Proc. N.º	2624/71
Rub.	8/5

Rendimento em álcool da fermentação

Banana com casca e sem casca

Ensaio	Rend. em álcool (Eq. Gay Lussac)	Rend. em álcool/ Matéria-prima	Teor alcoólico 9GL a 15°C
	%	ml/100 g	
S/casca	77,73	9,09	5,00
C/casca	70,68	5,45	3,00

QUADRO Nº 10

Consumo de açúcares, em %, durante 15 horas de fermentação

Com nutrientes e sem nutrientes

Ensaio	Tempo em horas					
	0	3	6	9	12	15
Com nutrientes	7,42	6,38	5,16	1,35	0,54	0,20
Sem nutrientes	7,24	6,20	4,98	1,17	0,52	0,28

QUADRO Nº 11

Fls. N.º	71
Proc. N.º	2624/71
Rub.	

Rendimento em álcool durante a fermentação

Com nutrientes e sem nutrientes

Ensaio	Rend. em álcool (Eq. Gay Lussac)	Rend. em álcool/ Matéria-prima	Teor alcoólico 9GL a 15°C
	%	ml/100 g	
C/nutrientes	76,30	6,37	5,53
S/nutrientes	83,30	6,72	3,72

QUADRO Nº 12

Consumo de açúcares, em %, durante 12 horas de fermentação,
empregando-se agentes sacarificantes

Banana-maçã

	<u>Tempo em horas</u>				
	0	3	6	9	12
Agente sacarificante					
Amilase fúngica	7,48	6,46	5,24	1,43	0,95
Malte de cevada	6,58	5,70	4,34	0,53	0,30
Sem agente	7,28	6,26	5,04	1,23	0,30

QUADRO Nº 13

Fls. N.º	72
Proc. N.º	2624/71
Rub.	

Rendimento em álcool da fermentação, empregando-se agentes sacarifi-

<u>cantes</u>			
<u>Banana-maçã</u>			
Agente	Rend. em álcool	Rend. em álcool	Teor alcoólico
sacarificante	(Eq. Gay Lussac)	Matéria-prima	9GL a 15°C
	%	ml/100g	
Amilase fúngica	90,47	6,91	3,80
Malte de cevada	76,73	5,64	3,10
Sem agente	84,52	6,91	3,80

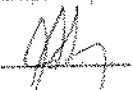
QUADRO Nº 14

Consumo de açúcares, em %, durante 12 horas de fermentação, empregando-se agentes sacarificantes

Banana-nanica

Agente	<u>Tempo em horas</u>				
	0	3	6	9	12
sacarificante					
Amilase fúngica	7,66	6,62	5,40	1,59	0,25
Malte de cevada	7,04	6,00	4,78	0,97	0,18
Sem agente	7,56	6,52	5,30	1,49	0,55

QUADRO Nº 15

Fls. N.º 43
 Proc. N.º 2624/71
 Rub. 

Rendimento em álcool da fermentação, empregando-se agentes sacari-
 ficantes

Banana nanica

Agente sacarificante	Rend. em álcool (Eq. Gay Lussac) %	Rend. em álcool/ Matéria-prima ml/100g	Teor alcoólico °GLa 15°C
Amilase fúngica	86,06	7,45	4,10
Malte de cevada	74,79	6,00	3,30
Sem agente	85,25	6,73	3,70

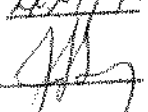
QUADRO Nº 16

Consumo de açúcares, em %, durante 12 horas de fermentação, empre-
 gando-se agentes sacarificantes

Banana prata

	<u>Tempo em horas</u>				
	0	3	6	9	12
Agente sacarificante					
Amilase fúngica	5,52	4,50	3,28	0,78	0,45
Malte de cevada	5,46	4,44	3,22	0,72	0,10
Sem agente	5,62	4,60	3,40	0,90	0,35

QUADRO Nº 17

Fls. N.º 74
Proc. N.º 2624/71
Rub. 

Rendimento em álcool da fermentação, empregando-se agentes sacarificantes

Banana-prata

Agente sacarificante	Rend. em álcool (Eq. Gay Lussac) %	Rend. em álcool/ Matéria-prima ml/100g	Teor alcoólico °GL a 15°C
Amílase fúngica	59,82	3,55	1,95
Malte de cevada	56,55	3,55	1,95
Sem agentes	62,83	3,87	2,13

QUADRO Nº 18

Consumo de açúcares, em %, durante 12 horas de fermentação

Comparação das três variedades de banana

Variedade de banana	Tempo em horas				
	0	3	6	9	12
Nanica	7,71	6,54	4,00	0,45	0,29
Maçã	7,28	6,26	5,04	1,23	0,30
Prata	5,62	4,60	3,40	0,90	0,35

QUADRO Nº 19

Fls. N.º	75
Proc. N.º	2624/H
Rub.	

Rendimento em álcool da fermentaçãoComparação das três variedades de banana

Variedade de banana	Rend. em álcool (Eq. Gay Lussac)	Rend. em álcool/ Matéria-prima	Teor alcoólico 9GL a 15°C
	%	ml/100 g	
Nanica	85,76	8,18	4,50
Maçã	84,52	6,91	3,80
Prata	62,87	3,87	2,13

QUADRO Nº 20

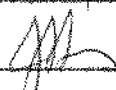
Análises do álcool obtido

Acidez	0,36 mg de ACOH/1 de álcool
Ésteres	50,16 mg de acetato de etilo % álcool
Aldeídos	0,54 mg de aldeído acético/1 de álcool
Álcool propílico	0,404 g % g de álcool
Álcool isobutílico	0,257 g % g de álcool
Álcool isoamílico	0,222 g % g de álcool

VII - BIBLIOGRAFIA

Fls. N.º	76
Proc. N.º	2624/71
Rub.	<i>[assinatura]</i>

1. ANGELIERI, H.F., BASANO, E., WEY, L.O.F. & BORZANI, W. Preparo de Aguardente de Banana (Ensaio Preliminar). Alimentos e Bebidas Ano III (3/4): 37-38, 1967.
2. Apostila de Travaux Pratiques; Diplome National D'Oenologue; Institut d'Oenologie de l'Universite de Bordeaux, 91, 113, (1968/69).
3. CHRISTENSEN, E.N. & CAPUTI, Jr. A. Determinations of fusel oils in neutral grape Spirits by Programmed Gas Chromatography. Am. J. Enol and Vitic. 19 (3): 155-159, 1968.
4. MUNSON & WALKER. Laboratoriumbuch für den Lebensittelchemiker. Verlag von Theodor Steinkopff, Dresden und Leipzig, 8 ed., 804 p; 1963.
5. ROCHA DE ALMEIDA, J. & VALSECHI, O. In Guia de Composição de frutas. Instituto Zimotécnico, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo: p32, 36, 42, 1966.
6. ROCHA DE ALMEIDA, J. Fabricação de Alcool e de Pinga de Banana. Revista de Agricultura 10: 125-130, 1935.
7. SIMMONDS, N.W. In "Bananas" Tropical Agriculture Series, Longmans, 2 ed., p264-265, 1966.

Fls. N.º	77
Proc. N.º	2624/71
Rub.	

VIII - AGRADECIMENTOS

Somos profundamente gratos ao Dr. Ricardo Sadir, por sua orientação durante o desenrolar da tese.

Agradecimentos à Organização dos Estados Americanos, à Universidade Estadual de Campinas e ao Instituto de Tecnologia de Alimentos, pela oportunidade oferecida para que este trabalho fosse realizado.

Agradecimentos especiais ao Dr. Takuo Hashizume, pela colaboração prestada.

E, finalmente, nossa gratidão se estende a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a execução deste trabalho.