

ALTERAÇÕES DO POLVILHO DE MANDIOCA PELA FERMENTAÇÃO, NO FABRICO DE BISCOITOS¹

DIEGO PALMIRO RAMIREZ ASCHERI² e EVODIO RIBEIRO VILELA³

RESUMO - Observou-se, em ensaios de fermentação natural de fécula de mandioca, em diferentes meios, a ocorrência de diversas alterações nas características do polvilho e dos biscoitos elaborados, em função do tempo de fermentação. Os produtos obtidos apresentaram variação na composição química, queda da viscosidade das pastas e aumento na porcentagem de amido danificado, poder de inchamento e índice de solubilidade (a 50 °C, 70 °C e 90 °C). As variações destes parâmetros foram maiores para os polvilhos obtidos em tanque industrial. A expansão e densidade dos biscoitos possibilitaram a avaliação da qualidade do polvilho, permitindo a detecção do ponto ótimo aos 30 dias do processo fermentativo.

Termos para indexação: polvilho azedo de mandioca, amido de mandioca.

CASSAVA STARCH APPRAISAL DURING FERMENTATION AND BISCUIT MAKING PROCESSES

ABSTRACT - The occurrence of alterations in sour starch due to time allocated for fermentation has been observed in experiments with natural fermentation. Products obtained showed a variation in chemical composition, drop of viscosity in the dough and increase in percentage of starch harmed, yeast raise potential and soluble index to 50 °C, 70 °C and 90 °C. Parameter variation was greater for starches obtained in industrial tanks. Yeast expansion and density of biscuits allowed for starch quality, permitting the detection of the optimal point thirty days after the fermentation process occurs.

Index terms: sour cassava starch, cassava flour.

INTRODUÇÃO

O polvilho azedo é um produto típico brasileiro, obtido por fermentação natural do polvilho ou fécula de mandioca, amplamente utilizado na culinária, em indústrias de alimentos, e como matéria-prima insubstituível na confecção de biscoitos de polvilho (Cereda, 1983c).

No comércio, a análise de composição química tem sido importante na avaliação da qualidade da fécula, mas Cereda (1973) comprovou que este teste é insuficiente para avaliar a qualidade do polvilho azedo com fins de utilização em processamento de alimentos. No presente trabalho foram analisadas vin-

te e cinco amostras de polvilho azedo comercial, originárias de diferentes regiões tradicionais produtoras do Brasil. Observou-se que o processo de fermentação natural do polvilho azedo ressentia-se da falta de uniformidade até para partidas de mesma origem, o que é atribuído à interrupção, em diferentes fases, de desenvolvimento e produção de ácidos, sem análise de controle.

O processo fermentativo obviamente altera o grânulo da fécula, conferindo ao polvilho azedo características peculiares. Além do sabor e aroma, as modificações que ocorrem durante a fermentação alteram sua reologia (Nakamura et al., 1976; Cárdenas & Buckle, 1980; Cereda, 1983a; Cereda, 1985; Camargo et al., 1988; Asquiere, 1990); assim, os amilogramas característicos se apresentam com viscosidade máxima e temperatura de empastamento inferiores às do polvilho doce nas mesmas concentrações, sem tendência à gelificação durante o resfriamento a 50 °C.

¹ Aceito para publicação em 6 de dezembro de 1994.

² Eng. Ind. Aliment., em Curso de Pós-Graduação na Esc. Sup. de Agric. de Lavras (ESAL), Caixa Postal 37, CEP 37200-000 Lavras, MG.

³ Eng. Agr., Dr.Sc., Prof. Titular, Dep. Ciência dos Alimentos da ESAL.

O polvilho azedo apresenta maior quantidade de amido danificado (Asquieri, 1990), além de maior poder de inchamento e índice de solubilidade em relação ao polvilho doce (Nakamura & Park, 1975).

A otimização da produção do polvilho requer um índice de fácil determinação, para avaliação da qualidade. Cereda (1983c), através de informações obtidas em estabelecimentos comerciais, propôs a hipótese de que a fécula fermentada de boa qualidade produziria biscoitos de bom volume, e Cereda (1983a) relatou que, para o usuário, a principal qualidade do polvilho azedo é seu poder de expansão, definido como a capacidade de aumentar o volume da massa confeccionada quando submetida ao forno.

Cárdenas & Buckle (1980) utilizaram "pan de yuca", um artigo típico colombiano, para avaliar seus ensaios. Os resultados mostraram que, independentemente do grau da acidez, as féculas fermentadas sempre apresentaram produtos com excelente volume específico, alveolação e crostas características. Ao contrário, as féculas tratadas com ácidos apresentaram volume específico similares ao do polvilho doce. Semelhantes resultados obteve Oviedo (1991), quando comparou os biscoitos feitos com polvilho azedo comercial com os biscoitos confeccionados com féculas tratadas com ácidos orgânicos, secas em estufa e ao sol.

Asquieri (1990) comparou os biscoitos feitos com fécula pura e impura com os do polvilho azedo da indústria e considerou a densidade dos biscoitos um parâmetro adequado para determinação da absorção de água na massa. Uma massa densa produz biscoitos de pior qualidade. Estas características poderão vir a ser utilizadas como padrões de qualidade do polvilho azedo, tendo em vista que o comportamento da fécula nas fases de mistura e cozimento tem grande influência na qualidade do biscoito.

O objetivo do presente trabalho foi verificar as mudanças que ocorrem nas características do polvilho e dos biscoitos elaborados, durante a fermentação natural do polvilho de mandioca.

MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos foram desenvolvidos nas dependências do Departamento de Ciência dos Alimentos da Escola Superior de Agricultura de Lavras (DCA/ESAL), MG,

durante os meses de setembro a novembro de 1990, e de julho a setembro de 1991. Um terceiro experimento foi conduzido na fábrica de polvilho "Estrela", localizada no Município de Macaia, MG, nos meses de setembro e outubro de 1991.

Nos três experimentos foi utilizado polvilho extraído de raízes de mandioca procedentes do Município de Lavras, MG, colhidas no período da manhã e processadas no prazo máximo de 24 horas após a colheita.

A Fig. 1 mostra o fluxograma do processo de extração industrial do polvilho de mandioca.

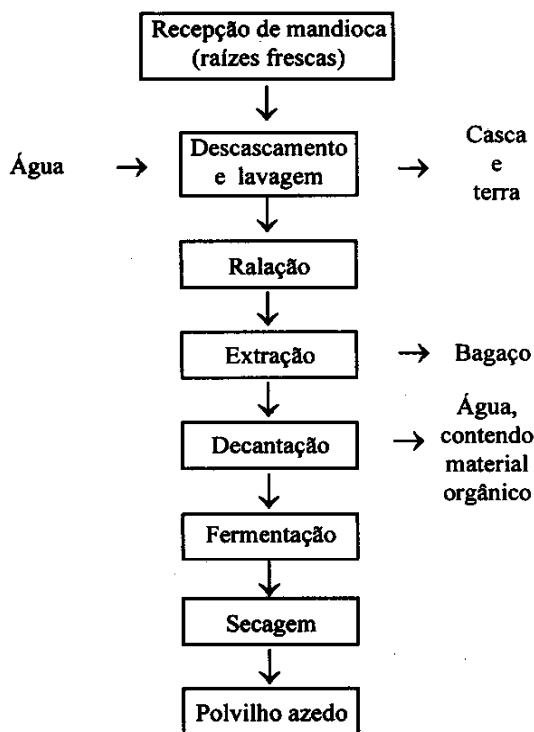


FIG. 1. Esquema do processo de extração e fermentação industrial do polvilho de mandioca para a fabricação de polvilho azedo.

Nos experimentos 1 e 3, realizados em tanque experimental e tanque industrial, respectivamente, foram processados 3.000 kg de raízes de mandioca. No experimento 1, as raízes foram colhidas em setembro de 1990, do campo experimental (EPAMIG) da Escola Superior de Agricultura de Lavras, e no experimento 3, as raízes foram fornecidas pelos agricultores da região em setembro

de 1991. As raízes foram transportadas para a fábrica de polvilho "Estrela" para a obtenção industrial do polvilho.

O processo de fermentação em tanque experimental foi conduzido de modo semelhante ao processo industrial. Em tanque de fermentação de alvenaria, descoberto, com capacidade de 1.000 kg, colocou-se o polvilho decantado, que foi coberto com uma camada de 10 cm de água potável, e deixado a fermentar em condições naturais. A amostragem do polvilho fermentado fez-se a partir do início do ensaio e a 4, 25, 32, 60 e 65 dias de fermentação. O polvilho permaneceu 65 dias no tanque de fermentação.

Para a fermentação em tanque industrial, utilizou-se um dos tanques de fermentação da indústria, seguindo a técnica própria do polvilheiro. A fermentação foi feita em meio natural, e a amostragem iniciou-se com a coleta de polvilho doce e, depois, de 5 em 5 dias até os 30 dias, e posteriormente aos 40, 50 e 55 dias de fermentação.

Após a fermentação, a secagem dos polvilhos realizou-se em jiraus de bambu, com tecidos sobrepostos por períodos de oito a dez horas, dependendo das condições ambientais.

Na obtenção do polvilho no laboratório, utilizou-se o método descrito por Asquiere (1990), com modificações (Fig. 2). Sessenta quilogramas de raízes de mandioca fo-

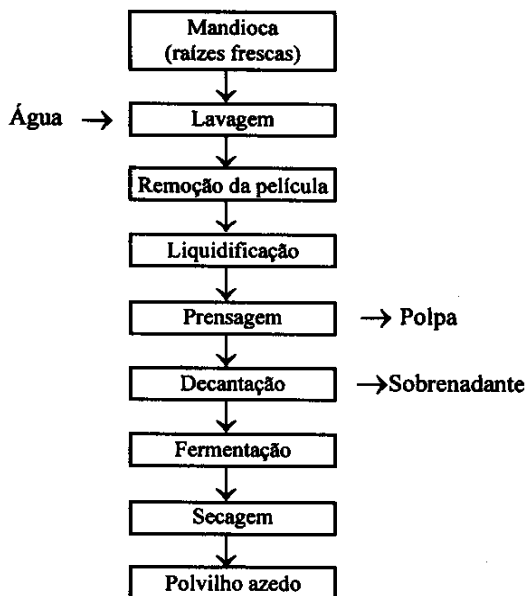


FIG. 2. Esquema do procedimento empregado na extração do polvilho de mandioca para a fabricação de polvilho azedo no laboratório.

ram processadas no Laboratório de Grãos e Cereais (DCA/ESAL), no mês de julho de 1991. As raízes foram lavadas, descascadas, raladas com ralador elétrico croydon, e, posteriormente, trituradas em partículas menores em liquidificador industrial, durante 5 minutos, em abundante água. O material obtido foi prensado manualmente com tecido de algodão para separar o leite do material fibroso, e peneirado em peneira de 200 mesh, separando o bagaço da suspensão amilácea. Após a decantação e remoção do sobrenadante, o polvilho obtido foi levado à fermentação, para obtenção do polvilho azedo.

Na fermentação em laboratório utilizaram-se doze béqueres de 1.000 ml de capacidade, nos quais se adicionou 1 kg de polvilho e água potável suficiente para cobertura da superfície do amido. Os béqueres, previamente numerados de 1 a 12, foram protegidos com um tecido de gaze fino, para evitar a entrada de elementos estranhos, e colocados em ambiente aberto. A fermentação prolongou-se até os 60 dias, e a amostragem realizou-se tomando-se o polvilho desde o início do experimento e a cada cinco dias, correspondendo, cada béquer, a uma amostra. O polvilho, fermentado, foi depositado em bandejas de alumínio para a secagem natural.

Na avaliação da qualidade do polvilho, determinou-se a composição química: umidade, cinza, proteína e fibra, pelo método da American Association of Cereal Chemists (1962), e gordura, pH e acidez titulável, pelo método da Association of Official Analytical Chemists (1984).

A porcentagem de amido danificado foi determinada segundo Sandstedt & Mattern (1960).

O poder de inchamento e índice de solubilidade foram feitos seguindo-se o método de Leach et al. (1959), modificado por Asquiere (1990), e a variação das viscosidades das pastas foi medida em viscoamilógrafo Brabender por técnicas descritas por Mazurs et al. e modificada por Cereda (1983b).

Para o teste de panificação, usou-se a formulação básica, sugerida por Cereda (1983c): 100 g de polvilho, 25 g de gordura vegetal hidrogenada, 4 g de sal, e 85 ml de água. Usou-se um molde com bico padrão, que caracterizou a forma dos biscoitos em 10 cm de comprimento e diâmetro de 7 mm. Os biscoitos foram assados a 200 °C, por 18-22 minutos, e avaliados quanto à expansão e densidade pelas seguintes equações:

Expansão = diâmetro final médio/diâmetro da matriz;
Densidade = massa ou peso médio/volume médio.

O diâmetro final do biscoito foi medido com paquímetro, realizando-se três repetições para cada biscoito, com um total de quinze biscoitos por intervalo de tempo de fermentação.

Os dados foram submetidos a uma análise de variância (ANOVA), teste de Tukey a 5%, para comparação de médias (Pimentel-Gomes, 1987), e análise de regressão polinomial (Snedecor & Cochran, 1974), até o 4º grau.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos das análises químicas (Tabela 1 e 2) demonstram a influência do tempo de fermentação na composição química do polvilho de mandioca. O teor de cinzas e lipídios apresentou pouca variação, enquanto os conteúdos de proteína e fibra aumentaram, durante o processo, com valores mais elevados para os provenientes da indústria. O aumento nos teores de fibra e cinzas é atribuído à con-

taminação por materiais estranhos durante a fermentação. Os microorganismos que se desenvolvem sobre o polvilho produzem resíduos metabólicos, que, segundo Cereda (1973), são responsáveis pelo aumento do teor de proteína no material fermentado.

A Tabela 3 e a Fig. 3 mostram a tendência decrescente de variação do pH dos polvilhos, obtendo-se menores valores para o polvilho do tanque industrial em relação ao fermentado em laboratório. Valores de pH dos polvilhos obtidos do tanque experimental não se correlacionaram significativamente com o tempo de fermentação ($P < 8$). Neste experimento tem sido observado decréscimo até o quarto dia de fermentação, seguido de acréscimo (Tabela 3). O experimento em tanque industrial exibiu, no

TABELA 1. Teores de umidade, cinza e lipídios dos polvilhos durante a fermentação do polvilho de mandioca.

Tempo de fermentação (dias)	Umidade (%)			Cinza (%)			Lipídios (%)		
	T.E.	B.	T.I.	T.E.	B.	T.I.	T.E.	B.	T.I.
0	13,10 b	7,70 ef	7,70 f	0,30 b	0,27 ab	0,33 f	0,003 b	0,004 ab	0,002 a
4	14,90 a	—	—	0,30 b	—	—	0,003 b	—	—
5	—	10,50 d	14,90 b	—	0,26 b	0,38 e	—	0,002 b	0,002 a
10	—	10,70 d	14,90 b	—	0,27 ab	0,41 de	—	0,003 ab	0,002 a
15	—	15,30 a	15,70 a	—	0,26 b	0,38 e	—	0,003 ab	0,003 a
20	—	12,80 c	12,70 c	—	0,26 b	0,45 bc	—	0,002 b	0,002 a
25	13,50 b	13,70 b	14,80 b	0,31 ab	0,30 ab	0,43 cd	0,003 b	0,002 b	0,002 a
30	—	13,80 b	11,70 d	—	0,29 ab	0,48 ab	—	0,004 ab	0,002 a
32	11,90 d	—	—	0,34 ab	—	—	0,004 a	—	—
35	—	7,70 ef	—	—	0,31 ab	—	—	0,004 ab	—
40	—	7,90 e	11,30 e	—	0,29 ab	0,49 a	—	0,003 ab	0,002 a
42	11,40 de	—	—	0,32 ab	—	—	0,004 a	—	—
45	—	6,90 g	—	—	0,33 ab	—	—	0,003 ab	—
50	—	7,20 fg	12,70 c	—	0,34 a	0,48 ab	—	0,006 a	0,002 a
55	—	8,10 e	11,30 e	—	0,31 ab	0,51 a	—	0,002 b	0,003 a
60	11,20 e	7,70 ef	—	0,36 a	0,32 ab	—	0,004 a	0,004 ab	—
65	12,50 c	—	—	0,35 ab	—	—	0,004 a	—	—
C.V.(%)	1,036	1,569	0,364	4,023	6,420	2,061	4,733	2,495	2,033

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si a 5% pelo teste de Tukey.

T.E. - Tanque experimental; B. - Béquér; T.I. - Tanque industrial; C.V. - Coeficiente de variação.

TABELA 2. Teores de proteína e fibra dos polvilhos durante a fermentação do polvilho de mandioca.

Tempo de fermentação (dias)	Proteína (%)			Fibra (%)		
	T.E.	B.	T.I.	T.E.	B.	T.I.
0	0,65 ef	0,61 bc	0,71 i	1,57 b	0,89 de	0,87 h
4	0,74 d	—	—	0,36 e	—	—
5	—	0,60 bc	0,71 i	—	0,84 ef	0,92 g
10	—	0,60 bc	0,89 h	—	0,84 ef	1,27 de
15	—	0,59 c	1,25 g	—	0,86 def	1,15 f
20	—	0,58 c	1,33 e	—	1,17 b	1,25 e
25	0,68 e	0,59 c	1,28 f	0,38 e	0,81 f	1,32 bc
30	—	0,60 bc	1,54 d	—	0,90 d	1,32 bc
32	1,27 c	—	—	0,88 d	—	—
35	—	0,60 bc	—	—	0,90 d	—
40	—	0,62 bc	1,69 c	—	0,88 de	1,34 b
42	0,62 f	—	—	0,89 d	—	—
45	—	0,67 b	—	—	0,97 c	—
50	—	0,93 a	2,03 b	—	1,19 b	1,30 cd
55	—	0,93 a	2,28 a	—	1,16 b	1,42 a
60	1,87 a	0,95 a	—	0,95 c	1,26 a	—
65	1,65 b	—	—	1,69 a	—	—
C.V.(%)	0,714	2,299	0,461	1,245	1,335	0,822

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si a 5% pelo teste de Tukey.

T.E. - Tanque experimental; B. - Béquer; T.I. - Tanque industrial; C.V. - Coeficiente de variação.

decorrer da fermentação, valores inferiores aos demais. Estes fatos confirmam a complexidade do processo fermentativo.

A elevação do teor de acidez titulável através do tempo de fermentação foi maior nos polvilhos da fermentação industrial e menor nos da fermentação realizada em béquer (Fig. 4). Atribui-se o aumento de acidez dos polvilhos pela fermentação à formação de ácidos orgânicos pelo consumo de açúcares inicialmente presentes no meio fermentativo e pela degradação parcial do amido em carboidratos facilmente assimiláveis por microorganismos amilolíticos, fato comprovado por Cereda et al., referido por Cereda & Gaj-Levra (1987), pela identificação cromatográfica dos açúcares presentes no líquido sobrenadante, ao longo da fermentação.

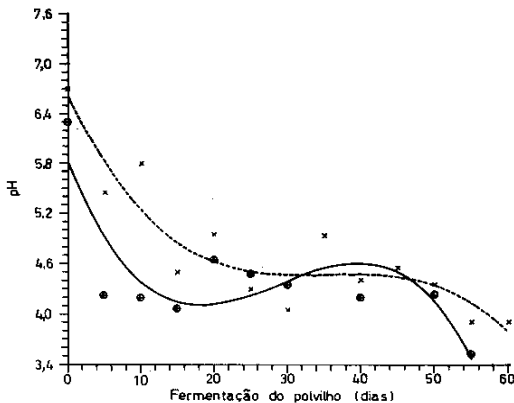
Na Fig. 5 observa-se, no polvilho fermentado em tanque industrial, um aumento de amido danificado maior e mais rápido no início, possivelmente devido à carga microbiana inicialmente presente no tanque de fermentação, já que na industrial o produtor utiliza os tanques de fermentação sem limpeza pré-

TABELA 3. Variação dos valores de pH dos polvilhos durante a fermentação da fécula de mandioca.

Tempo de fermentação (dias)	pH		
	Tanque experimental	Béquer	Tanque industrial
0	4,91 c	6,70 a	6,30 a
4	4,60 d	—	—
5	—	5,45 c	4,23 bc
10	—	5,79 b	4,20 bc
15	—	4,50 ef	4,07 bc
20	—	4,95 d	4,65 b
25	5,12 b	4,30 g	4,48 bc
30	—	4,05 h	4,35 bc
32	5,47 a	—	—
35	—	4,93 d	—
40	—	4,40 fe	4,20 bc
42	5,26 b	—	—
45	—	4,55 e	—
50	—	4,35 g	4,23 bc
55	—	3,90 i	3,52 c
60	5,47 a	3,90 i	—
65	5,13 b	—	—
C.V.(%)	0,826	0,893	8,229

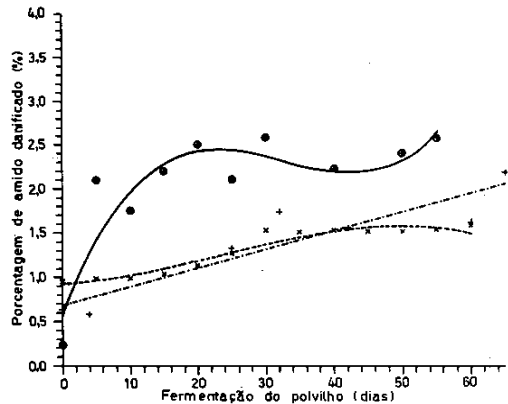
Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si a 5% pelo teste de Tukey.

C.V. - Coeficiente de variação.



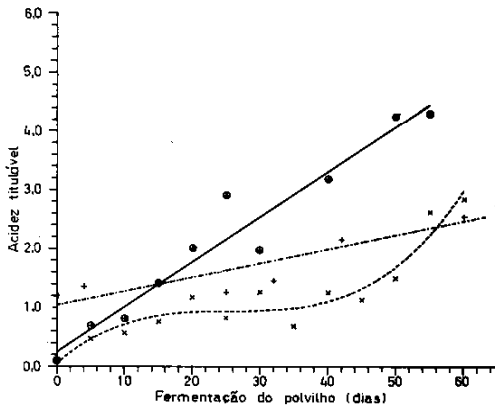
Béquer $Y = 6,619 - 0,185 X + 0,005 X^2 - 0,00004 X^3$ $r^2 = 0,851$
 Tanq. ind. $Y = 5,817 - 0,221 X + 0,009 X^2 - 0,0001 X^3$ $r^2 = 0,728$

FIG. 3. Variação do valor de pH do polvilho de mandioca durante a fermentação, na produção de polvilho azedo.



Béquer $Y = 0,922 + 0,005 X - 0,001 X^2 + 0,000009 X^3$ $r^2 = 0,939$
 + Tanq. exp. $Y = 0,677 + 0,0215 X$ $r^2 = 0,848$
 Tanq. ind. $Y = 0,564 + 0,202 X - 0,007 X^2 + 0,00006 X^3$ $r^2 = 0,815$

FIG. 5. Variação na porcentagem de amido danificado do polvilho de mandioca, durante a fermentação na produção de polvilho azedo.

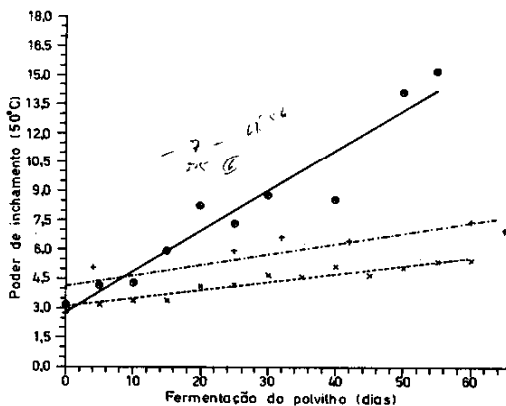


Béquer $Y = 0,04 + 0,101 X - 0,004 X^2 + 0,00005 X^3$ $r^2 = 0,923$
 Tanq. exp. $Y = 1,038 + 0,024 X$ $r^2 = 0,849$
 Tanq. ind. $Y = 0,249 + 0,076 X$ $r^2 = 0,946$

FIG. 4. Variação no teor de acidez titulável do polvilho de mandioca durante a fermentação, na produção do polvilho azedo.

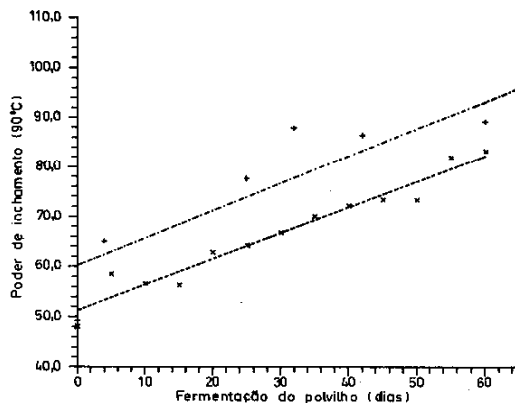
via, ficando entranhado, nas paredes e no fundo deles, material fermentado dos processos anteriores, facilitando a rápida degradação do amido. Ao contrário, em recipientes limpos (tanque experimental e béquer) houve aumento lento da porcentagem de amido danificado, possivelmente devido à contaminação do material em fermentação por micro-organismos presentes no meio ambiente.

Os valores de poder de inchamento e o índice de solubilidade, nas diversas temperaturas, aumentaram através do período de fermentação e apresentaram correlação linear positiva com o tempo de fermentação (Figs. 6 a 11). Semelhante correlação ocorreu nos valores de poder de inchamento a 70 °C dos polvilhos fermentados em béquer, e a 90 °C dos polvilhos fermentados em tanque industrial, mas estas correlações apresentaram baixos coeficientes de determinação, de 0,5522 e 0,6236, respectivamente, cujos resultados podem ser observados na Tabela 4. Verifica-se, assim, o efeito da fermentação na estrutura dos grânulos do polvilho, reforçando a hipótese



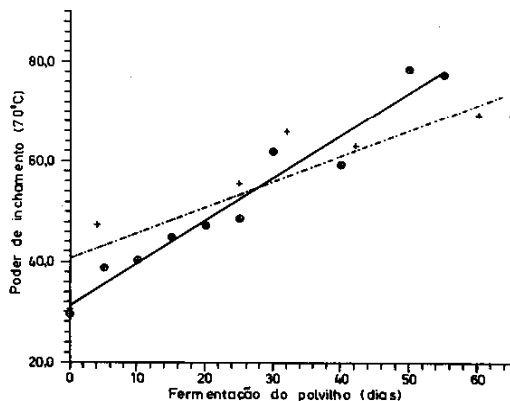
Béquer $Y = 3,110 + 0,042 X$ $r^2 = 0,931$
 Tanq. exp. $Y = 4,121 + 0,055 X$ $r^2 = 0,755$
 Tanq. ind. $Y = 2,797 + 0,208 X$ $r^2 = 0,924$

FIG. 6. Variação do poder de inchamento a 50 °C, durante a fermentação do polvilho de mandioca, na produção do polvilho azedo.



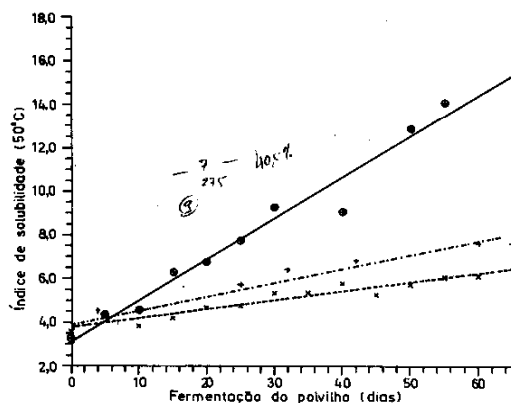
Béquer $Y = 51,247 + 0,515 X$ $r^2 = 0,951$
 Tanq. exp. $Y = 60,131 + 0,5494 X$ $r^2 = 0,795$

FIG. 8. Variação do poder de inchamento a 90 °C, durante a fermentação do polvilho de mandioca, na produção do polvilho azedo.



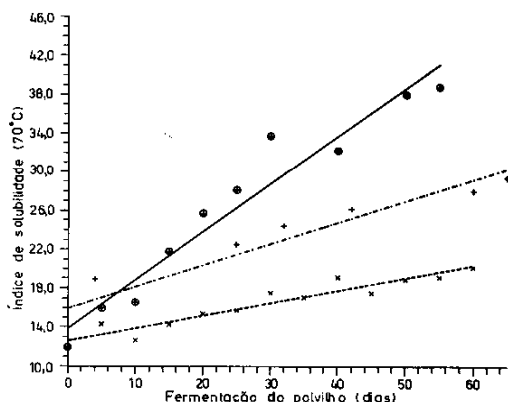
+ Tanq. exp. $Y = 40,75 + 0,5097 X$ $r^2 = 0,805$
 Tanq. ind. $Y = 31,35 + 0,851 X$ $r^2 = 0,952$

FIG. 7. Variação do poder de inchamento a 70 °C, durante a fermentação do polvilho de mandioca, na produção do polvilho azedo.



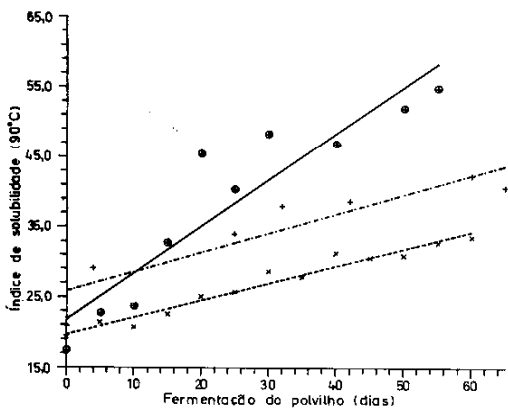
Béquer $Y = 3,774 + 0,041 X$ $r^2 = 0,912$
 Tanq. exp. $Y = 3,367 + 0,065 X$ $r^2 = 0,917$
 Tanq. ind. $Y = 3,111 + 0,189 X$ $r^2 = 0,968$

FIG. 9. Variação do índice de solubilidade a 50 °C, durante a fermentação do polvilho de mandioca, na produção do polvilho azedo.



Béquer $Y = 12,546 + 0,133 X$ $r^2 = 0,922$
Tanq. exp. $Y = 15,892 + 0,222 X$ $r^2 = 0,885$
Tanq. ind. $Y = 13,892 + 0,495 X$ $r^2 = 0,940$

FIG. 10. Variação do índice de solubilidade a 70 °C, durante a fermentação do polvilho de mandioca, na produção do polvilho azedo.



Béquer $Y = 19,657 + 0,244 X$ $r^2 = 0,960$
Tanq. exp. $Y = 25,863 + 0,275 X$ $r^2 = 0,848$
Tanq. ind. $Y = 21,796 + 0,665 X$ $r^2 = 0,861$

FIG. 11. Variação do índice de solubilidade a 90 °C, durante a fermentação do polvilho de mandioca, na produção do polvilho azedo.

sugerida por Nakamura & Park (1975) de que os grânulos de polvilho azedo são mais solúveis e têm maior poder de expansão que os de polvilho doce. Camargo et al. (1988) & Asquiere (1990) também encontraram diferenças bem maiores destes parâmetros na fécula fermentada no laboratório e no polvilho azedo da indústria, em relação à fécula não-fermentada.

Através dos viscosogramas, verificou-se que o tempo de fermentação alterou o comportamento reológico dos polvilhos através da redução dos valores de viscosidade máxima com o tempo de fermentação (Fig. 12). O experimento em tanque industrial apresentou menores valores para viscosidade máxima quando comparados aos experimentos realizados em béquer e em tanque experimental. As

TABELA 4 - Valores de poder de inchamento a 70 °C e 90 °C dos polvilhos fermentados em béquer e tanque industrial, respectivamente, e viscosidade máxima dos polvilhos fermentados em tanque experimental.

Tempo de fermentação (dias)	Poder de inchamento*		Viscosidade máxima (U.A.)
	70 °C	90 °C	
0	31.53 b	42.61 d	1.810.00 a
4	—	—	763.00 b
5	38.37 ab	55.44 c	—
10	33.90 ab	57.78 c	—
15	37.15 ab	79.69 b	—
20	41.22 ab	82.25 ab	—
25	42.14 ab	79.78 b	655.00 d
30	46.97 ab	82.81 ab	—
32	—	—	585.00 e
35	45.77 ab	—	—
40	46.16 ab	81.04 b	—
42	—	—	680.50 c
45	31.02 b	—	—
50	50.66 ab	85.24 a	—
55	53.08 ab	83.26 ab	—
60	54.01 a	—	525.00 f
65	—	—	520.00 b
C.V.(%)	17,556	1,051	0,390

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si a 5% pelo teste de Tukey.

* gramas de água/gramas de sedimento.

U.A. - Unidades amilográficas.

C.V. - Coeficiente de variação.

viscosidades máximas dos polvilhos fermentados em tanque experimental apresentaram correlação negativa significativa a 1% de probabilidade com o tempo de fermentação; entretanto, esta correlação apresentou baixo coeficiente de determinação (0,4864). Os valores deste experimento são mostrados na Tabela 4.

Na Tabela 5 pode-se observar que os biscoitos que apresentaram maior expansão e menor densidade foram obtidos aos 32 dias de fermentação em tanque experimental, enquanto, na fermentação em béquer, foram obtidos aos 30 dias. Já na fermentação em tanque industrial não houve diferença significativa quanto à maior expansão nos 15, 20 e 30 dias, com menor densidade desde o quinto até o quadragésimo dia.

A expansão e densidade dos biscoitos confeccionados com polvilhos obtidos em tanque experimental não se correlacionaram com o tempo de fermentação. Entretanto, nos experimentos em béquer e tanque industrial, estes parâmetros correlacionaram-se quadraticamente com o período de fermentação,

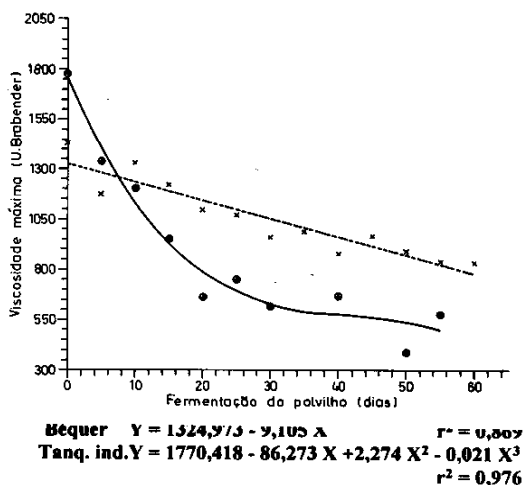


FIG. 12. Variação de viscosidade máxima das pastas de polvilho obtidas em diferentes meios de fermentação da fécula de mandioca.

TABELA 5. Propriedades físicas dos biscoitos feitos com polvilhos durante a fermentação do polvilho de mandioca.

Tempo de ferment. (dias)	Expansão ¹			Densidade ²		
	Tanque experimental	Béquer	Tanque industrial	Tanque experimental	Béquer	Tanque industrial
0	2.238 e	1.797 fe	1.801 d	0.207 a	0.335 b	0.338 a
4	2.890 d	—	—	0.114 b	—	—
5	—	1.402 h	3.089 b	—	0.392 a	0.099 cd
10	—	1.615 g	3.173 b	—	0.381 ab	0.093 d
15	—	2.037 e	3.441 ab	—	0.165 ef	0.072 d
20	—	1.873 ef	3.695 a	—	0.285 c	0.066 d
25	3.040 cd	2.743 c	3.126 b	0.117 b	0.127 feh	0.086 d
30	—	3.341 a	3.689 a	—	0.082 h	0.060 d
32	3.492 a	—	—	0.080 d	—	—
35	—	2.299 d	—	—	0.188 e	—
40	—	2.947 b	3.101 b	—	0.098 gh	0.086 d
42	3.192 bc	—	—	0.093 cd	—	—
45	—	2.017 e	—	—	0.208 de	—
50	—	2.878 bc	2.305 c	—	0.113 gh	0.148 bc
55	—	2.746 c	2.313 c	—	0.135 fe	0.185 b
60	3.006 cd	2.023 e	—	0.109 bc	0.247 cd	—
65	3,268 b	—	—	0,094 cd	—	—
C.V.(%)	2,553	2,694	4,229	5,041	7,614	14,927

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si a 5% pelo teste de Tukey.

¹ Diâmetro do biscoito, cm/diâmetro da matriz, cm.

² Peso em gramas/volume em cm³.

C.V. - Coeficiente de variação.

embora apresentando baixos coeficientes de determinação (0,5006 e 0,7848, respectivamente).

Os maiores valores de expansão e menores valores de densidade corresponderam aos biscoitos confeccionados com polvilhos obtidos da fermentação em tanque industrial, e os menores valores de expansão e maiores valores de densidade corresponderam aos biscoitos feitos com polvilhos obtidos durante a fermentação em béquer.

Estes valores de expansão e densidade indicam a existência de um ponto ótimo de fermentação para a produção de polvilho azedo com vistas à confecção de biscoitos de alta expansão e de baixa densidade.

Pela Tabela 5, observa-se que o ponto ótimo de fermentação do polvilho de mandioca, nas condições deste estudo, encontra-se ao redor dos 30 dias do processo fermentativo.

CONCLUSÕES

1. O processo de fermentação altera a composição química do polvilho em fibra, proteína e cinza, em decorrência das contaminações e do desenvolvimento microbiológico, verificando-se maiores variações no experimento em tanque industrial, e menores variações no experimento em béquer.

3. A porcentagem de amido danificado variou durante a fermentação, apresentando-se maior durante a fermentação em tanque industrial.

4. A fermentação provocou redução dos valores de viscosidade máxima e aumento no poder de inchamento e índice de solubilidade do polvilho. As variações foram maiores para o experimento em tanque industrial.

5. As mudanças físico-químicas e reológicas no polvilho geraram mudanças desejáveis no processo de panificação dos biscoitos. A expansão aumentou até o 30º dia de fermentação, seguida de decréscimo, e, de forma inversa, a densidade diminuiu até o 30º dia, seguida de um acréscimo deste valor.

REFERÊNCIAS

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. *Cereal laboratory methods*. Saint Paul, 1962. v.4

ASQUIERI, E.R. *Efeitos da fermentação nas características da fécula de mandioca (Manihot sculenta, Crantz) de três cultivares colhidas em diferentes épocas*. Lavras: ESAL, 1990. 105p. Tese de Mestrado.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. 4.ed. Virginia, 1984. 1094p.

CAMARGO, C.; COLONNA, P.; BULEON, A.; RICHARD-MOLARD, D. Functional properties of sour cassava (*Manihot utilissima*) starch: polvilho azedo. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Osney Mead, v.45, n.3, p.273-289, Mar. 1988.

CÁRDENAS, O.S.; BUCKLE, T.S. de. Sour cassava starch production: a preliminary study. *Journal of Food Science*, Chicago, v.45, n.6, p.1509-1528, Nov./Dec. 1980.

CEREDA, M.P. *Alguns aspectos sobre a fermentação da fécula de mandioca*. Botucatu: Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas, 1973. 89p. Tese de Mestrado.

CEREDA, M.P. Avaliação da qualidade de duas amostras de fécula fermentada de mandioca (polvilho azedo). *Boletim da Sociedade Brasileira de Ciências e Tecnologia*, Campinas, v.17, n.3, p.305-320, jul./set. 1983a.

CEREDA, M.P. Avaliação da qualidade da fécula fermentada comercial de mandioca (polvilho azedo). I - Características viscográficas e absorção de água. *Revista Brasileira de Mandioca*, Cruz das Almas, v.8, n.2, p.7-13, 1985.

CEREDA, M.P. Determinação da viscosidade em fécula fermentada de mandioca (polvilho azedo). *Boletim da Sociedade Brasileira de Ciências e Tecnologia*, Campinas, v.17, n.1, p.15-24, jan./mar. 1983b.

CEREDA, M.P. Padronização para ensaio de qualidade da fécula de mandioca (polvilho azedo). I. Formulação e preparo de biscoitos. *Boletim da Sociedade Brasileira de Ciências e Tecnologia*, Campinas, v.17, n.3, p.287-295, jul./set. 1983c.

CEREDA, M.P.; GIAJ-LEVRA, L.A. Constatação de bactérias não simbióticas fixadoras de nitrogênio em fermentação natural de fécula de mandioca. *Revista Brasileira de Mandioca*, Cruz das Almas, v.6, n.1, p.29-33, jun. 1987.

- LEACH, H.W. ; Mc COWEN, L.D.; SCHOCH, T.J. Structure of the starch granule. I - Swelling and solubility patterns of various starches. **Cereal chemistry**, Saint Paul, v.36, n.11, p.534-544, 1959.
- NAKAMURA, I.N. ; MORAIS, I.O.; MARTUCCI, E.T. Considerações sobre a tecnologia da fécula de mandioca fermentada: produção, propriedades físico-químicas e aplicação. **Científica**, Jaboticabal, v.42, n.2, p.196-202, 1976.
- NAKAMURA, I.N.; PARK, Y.K. Some physico-chemical properties of fermented cassava starch ("polvilho azedo"). **Die Stärke**, Weinheim, v.27, n.9 p.295-297, Sept. 1975.
- OVIEDO, M.S.V.P. **Efeito do tratamento ácido nas propriedades físico-químicas e funcionais do amido de mandioca**. Campinas: UNICAMP, 1991. 135p. Tese de Mestrado.
- PIMENTEL-GOMES, F.P. **Curso de Estatística Experimental**. 12.ed. São Paulo: ESALQ/USP, 1987. 467p.
- SANDSTEDT, R.M.; MATTERN, P.J. Damaged starch, qualitative determination in flour. **Starch**, Weinheim, v.37, n.3, p.379, Mar. 1960.
- SNEDECOR, G.W.; COCHRAN, W.G. **Statistical methods**. 6.ed. Ames: Iowa State University, 1974. 593p.