

RELAÇÃO ENTRE POROSIDADE E SUSCETIBILIDADE À CORROSÃO DE TAMPAS DE FOLHA DE ALUMÍNIO ENVERNIZADA

O presente trabalho foi desenvolvido tendo em vista a ocorrência de pontos de corrosão em tampas de recipientes de iogurte, detectados pela indústria de laticínio e comerciantes, dentro do prazo de validade do produto lácteo.

O objetivo deste estudo foi verificar como os processos de estampagem a que são submetidas as folhas de alumínio influenciam o processo corrosivo, depreciando a embalagem pela mudança do aspecto interno e externo e pelo comprometimento do alumínio, expondo o produto. Os principais fatores que provocam a corrosão nas folhas de alumínio serão descritos a seguir:

1. AGITAÇÃO E CHOQUES

Durante o processo de acondicionamento do produto e transporte, parte dele fica aderida no lado interno da tampa, causando dissolução de alumínio, conforme pode ser verificado na Figura 1.

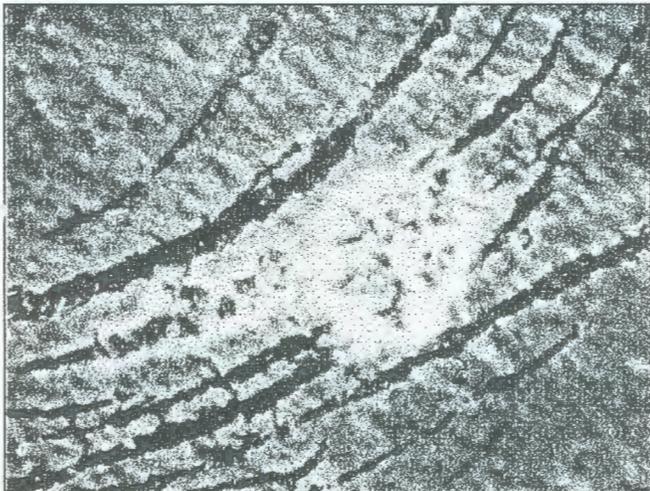


FIGURA 1. Corrosão de alumínio em estágio inicial. Lado interno; 160 x 200 μ m.

Com o avanço do processo corrosivo decorrente dos poros presentes pode ocorrer a perfuração das folhas, bem como formação de manchas de dissolução de alumínio, que se propagam por toda a superfície da camada de verniz, conforme apresentado na Figura 2.

Com a perfuração da embalagem, a entrada de microrganismo fica facilitada, dando origem à

contaminação do produto lácteo com mofo e bolores. O consumidor somente percebe a corrosão da tampa quando esta já se encontra em estágio muito avançado. Deve-se salientar que os problemas de corrosão acentuada são raros e nunca chegam a ocorrer dentro do prazo de validade (vida-de-prateleira) normal de dois meses.

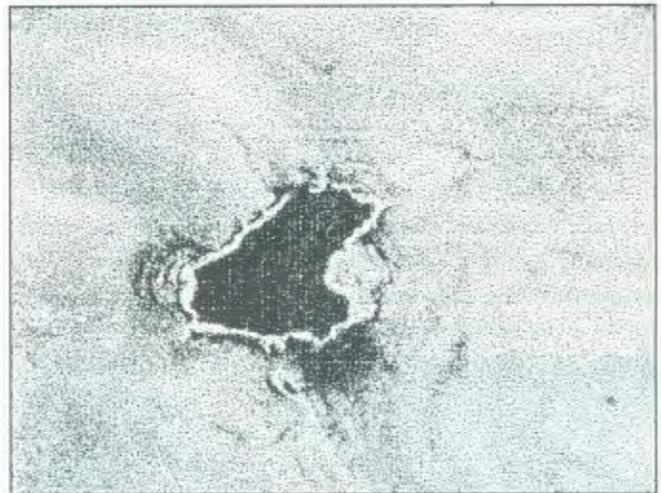


FIGURA 2. Corrosão de alumínio em estágio avançado. Lado interno da tampa; 1,6 x 2,0mm.

2. NATUREZA DO PRODUTO

O pH normal do iogurte (em torno de 4,0) é suficiente para desencadear e sustentar o processo de corrosão de alumínio. Para confirmar a corrosão do alumínio pelo produto, resíduos de corrosão foram isolados e microanalisados por raio X, evidenciando a presença de quantidades concentradas de elementos como potássio (K), cloretos (Cl) e fósforo (P), além do cálcio (Ca), provenientes do alimento acondicionado.

3. POROSIDADE DO REVESTIMENTO DE VERNIZ

As operações de estampagem e prensagem realizadas na folha de alumínio causam porosidade no material. Análises do lado interno de tampas de folha de alumínio realizadas com microscópio eletrônico e por raio X demonstram que existem basicamente dois tipos de defeitos ou pontos falhos. O primeiro tipo consiste de poros

circulares, com diâmetro de $15\mu\text{m}$ conforme a Figura 3. Os grandes poros, relativamente poucos, são os responsáveis pela exposição de alumínio.



FIGURA 3. Poro na camada de verniz de folha de alumínio; $160 \times 200\mu\text{m}$.

O segundo ponto falho é causado pelo processo de prensagem que provoca grande número de arranhões e riscos na camada de verniz. A Figura 4 mostra a aparência de um defeito característico na folha, causado pelas operações mecânicas realizadas sobre a estrutura do laminado. A largura destas rachaduras varia entre $0,2$ e $2\mu\text{m}$, podendo, neste caso, também ter alumínio exposto, sem revestimento orgânico.

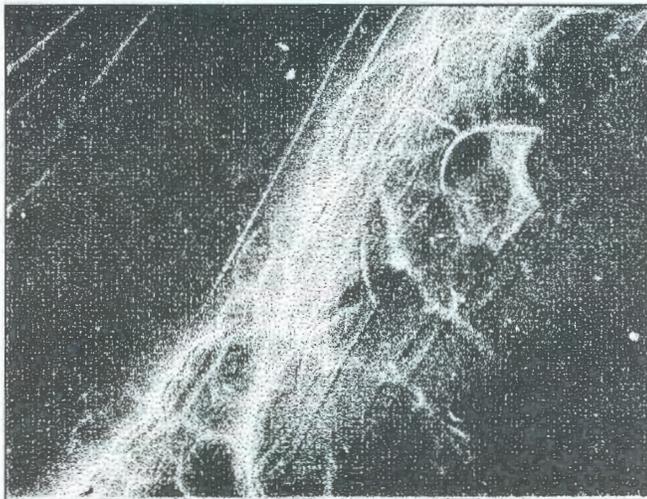


FIGURA 4. Defeito típico causado por prensagem na folha de alumínio envernizada.

A medida da porosidade da folha pode ser realizada aplicando uma voltagem de $1,5\text{V}$ entre a folha de laminado e uma placa de cobre, sendo colocada entre estas uma folha de papel de filtro embebido de solução de sulfato de cobre. Pela tensão elétrica mantida durante 5 minutos, o cobre se separa e, nos pontos falhos do alumínio, se deposita, deslocando-se então para o papel de filtro, onde forma pontos escuros, os quais podem ser contados e avaliados após secagem do papel de filtro.

Discos de folha de alumínio de diferentes lotes, revestidos por uma camada simples de verniz e com especificações idênticas, foram avaliados quanto à porosidade e os resultados estão descritos na Tabela 1.

TABELA 1. Porosidade de tampas de iogurte ($38,5\text{cm}^2$).

Amostra	Poros		Corrente			
	Intervalo de variação	Nº de poros	Intervalo de variação		média	desvio-padrão
		média	desvio-padrão			
Camada simples						
A	162 - 494	316	105	44 - 67	58	8
B	42 - 174	85	39	33 - 59	47	9
C	20 - 142	68	39	13 - 35	25	8
Camada dupla						
D	3 - 23	15	9	4 - 10	7	2

A Figura 5 mostra a grande diferença no valor da porosidade entre os lotes.

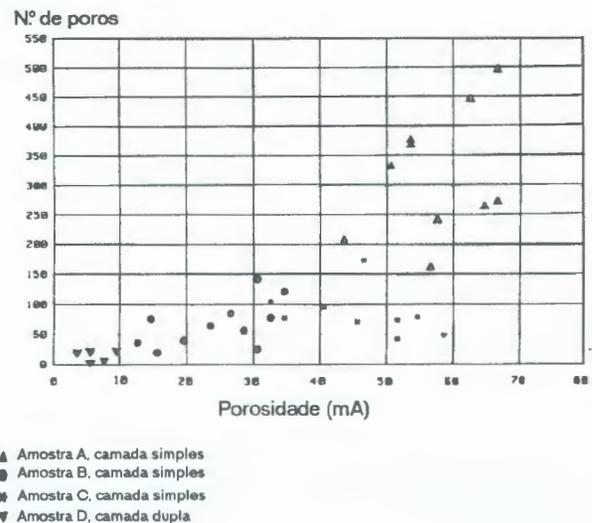


FIGURA 5. Porosidade de folha de alumínio envernizada para tampas.

Entre as possíveis causas desta diferença encontram-se a espessura da camada de verniz e o tipo de revestimento (composição do copolímero e aderência).

Para a avaliação do processo corrosivo durante o armazenamento foi realizado um ensaio com 40 recipientes, encheidos em condições industriais, todos com o mesmo produto, selados com três lotes diferentes de tampa e mantidos à temperatura de 20°C durante 4 meses. Apenas 1 lote foi mantido a 6°C como referência.

As observações periódicas regulares por inspeção visual e por microscópio mostram que as tampas pertencentes a cada um dos lotes analisados apresentaram susceptibilidade específica à corrosão, conforme Figura 6. Todas as amostras armazenadas a 20°C se apresentaram perfuradas pela ação da corrosão, bem dentro do prazo de validade (vida-de-prateleira) normal (2 meses). Por outro lado, as amostras armazenadas a 6°C somente começaram a apresentar os primeiros defeitos aproximadamente após 10 semanas.

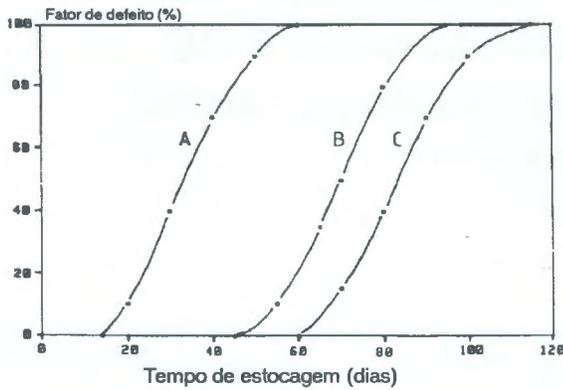


FIGURA 6. Vida útil para tampas de alumínio envernizada.

Pela análise dos resultados obtidos concluiu-se que existe uma relação evidente entre o número de poros e susceptibilidade à corrosão, o que pode ser relacionado com a vida útil da tampa, conforme Tabela 2.

TABELA 2. Vida útil de tampas de alumínio para iogurte.

Amostra	Nº de poros Intervalo de variação	Tempo para ocorrência de defeito a 20° C (semanas)
A	162 - 494	3 - 7
B	42 - 174	8 - 13
C	20 - 142	10 - 15

A Figura 7 mostra claramente esta relação para os três lotes de fabricação A, B e C. As curvas deste gráfico podem ser interpretadas como a vida útil do ponto de vista de interação química (corrosão).

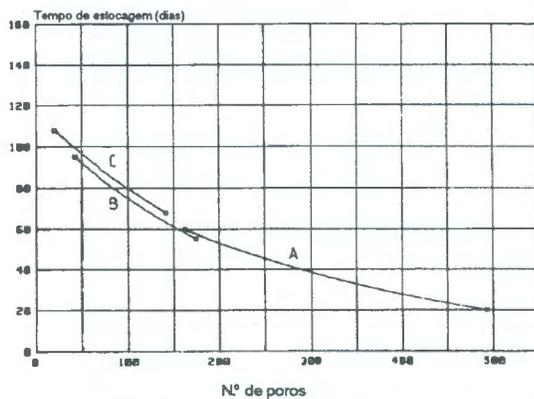


FIGURA 7. Porosidade e prazo de validade para folhas de alumínio para tampas.

Com base nos resultados obtidos é possível calcular qual o número máximo de poros permitido para que não ocorra nenhum defeito de corrosão, em um tempo definido a 20°C. Para uma vida útil de 60 dias, para tampas, o número máximo de poros é de 170, enquanto para 40 dias, o número de poros aumenta para 280 para os discos analisados. No

caso de tampas com dupla camada de verniz e com um número baixo de poros (40 no máximo), o prazo de validade será maior, prevendo-se em torno de 100 dias.

Quanto à embalagem que permanece armazenada a 6°C, os primeiros defeitos apareceram após 70 dias.

A Figura 8 mostra as curvas de prazo de validade para diferentes temperaturas de armazenamento. Para o cálculo das curvas (25°C, 15°C e 10°C, respectivamente) tomou-se por base o valor $Q_{10} = 2,37$ obtido de forma experimental. Desta forma, o número máximo de poros para garantir, durante 60 dias, a 15°C a embalagem sem defeito, é de cerca de 180 e a 25°C, o número cai para 50, recomendando-se, neste caso, uma tampa com camada dupla de verniz.

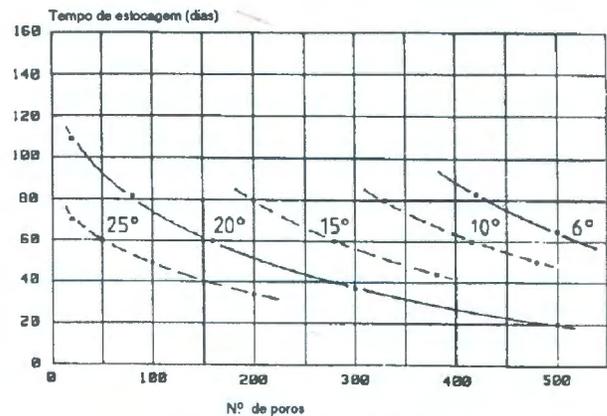


FIGURA 8. Porosidade e prazo de validade de folhas de alumínio para tampas a diferentes temperaturas de armazenamento.

A equação 1 foi desenvolvida a partir dos resultados e interrelações obtidos no teste e que permite calcular um valor médio do número máximo de poros (P_{max}), de acordo com o tempo e temperatura.

$$P_{max} = 990 - 5,5d - 25T + 2r \quad (1)$$

onde

P_{max} = nº de poros máximo permitido

d = dias de armazenamento

T = temperatura de armazenamento (°C)

r = fator de defeito (%)

Esta equação pode ser considerada modelo, sendo obtida a partir dos dados resultantes do alimento utilizado no teste de armazenamento.

Trabalho realizado no Fraunhofer - Institut für Lebensmitteltechnologie und Verpackung por Dr. Jochen Hollaender.

ANJOS, V.D.A.

Fonte consultada

HOLLAENDER, V.J. Verpackungs - Fundschau, Düsseldorf, 37(7), 1986.