

Química Nova



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution Non-Commercial, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que sem fins comerciais e que o trabalho original seja corretamente citado. Fonte: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422017000800946&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 22 fev. 2018.

REFERÊNCIA

MARTINS, Guilherme B. C.; SUCUPIRA, Renata R.; SUAREZ, Paulo A. Z. Papel indicador colorimétrico para detecção de formol em produtos lácteos e produtos de higiene pessoal. **Química Nova**, São Paulo, v. 40, n. 8, p. 946-951, set. 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422017000800946&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 22 fev. 2018. doi: <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170102>.

PAPEL INDICADOR COLORIMÉTRICO PARA DETECÇÃO DE FORMOL EM PRODUTOS LÁCTEOS E PRODUTOS DE HIGIENE PESSOAL

Guilherme B. C. Martins, Renata R. Sucupira and Paulo A. Z. Suarez*

Instituto de Química, Universidade de Brasília, 70919-970 Brasília – DF, Brasil

Recebido em 19/12/2016; aceito em 19/04/2017; publicado na web em 03/08/2017

COLORIMETRIC INDICATOR PAPER FOR FORMOL DETECTION IN MILK BASED AND PERSONAL CARE PRODUCTS. Due to its low cost, formaldehyde was commonly used as conservative in hygienic and cosmetic products. However, formaldehyde is strongly reactive and toxic, so its use has been forbidden in several products. Recently, it was reported by different media that formaldehyde has been added illegally in milk, causing innumerable health problems. In this work we developed a colorimetric indicator paper based on Schiff's reagent, which can be associated with a smartphone application. It was observed that the paper stabilizes the Schiff's reagent, avoiding its decomposition during short periods. It was also possible to successfully detect the presence of formaldehyde in commercial products, such as: detergents, shampoos and conditioners. Regarding milk based products, the indicator paper is very sensitive to detect formaldehyde, having a sensibility of 0.01% (v/v). The developed indicator paper has low cost and can help the supervision of milk products, as a trial test. Also it is possible to commercialize this product to common consumer, due to its simplicity.

Keywords: formaldehyde; colorimetric indicator; Schiff reagent; milk; cosmetics.

INTRODUÇÃO

O formaldeído é uma molécula simples, usada durante anos em vários produtos comerciais com diversas aplicações, além de ser encontrada no ar em diversos locais laborais. O principal uso do formol em produtos comerciais é como conservante e desinfetante, sendo amplamente empregado em função do seu baixo custo e alta eficácia. Todavia, o formol é uma molécula extremamente reativa e, portanto, agressiva e tóxica à saúde humana. Sua reatividade é tamanha que, segundo estudos relatados na literatura, 1 mg kg⁻¹ de formol no ar é quantidade suficiente para causar irritações.¹ Concentrações maiores no ar podem causar danos à pele e ao sistema respiratório, podendo ocasionar queimaduras e danos severos aos tecidos humanos. Quando ingerido, pode causar irritação e lesões internas, de modo que não é prevista sua utilização em produtos alimentícios ou que demandem ingestão. Recentemente, a Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC - *The International Agency for Research on Cancer*) publicou uma nota informando que o formol é uma substância potencialmente carcinogênica,² embora haja controvérsias em torno de que ele seja um agente cancerígeno.³ Porém, é consenso que, cancerígeno ou não, exposições constantes ou altas concentrações de formol são agressivas para a saúde humana. Outros estudos também apontam que a exposição constante a formaldeído influencia de forma negativa o sistema hormonal e a reprodução humana.⁴ Baseados nos estudos toxicológicos do formol, o órgão responsável pelo controle de produtos no Brasil, a ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), proibiu a comercialização do formol e restringiu sua utilização em alguns produtos cosméticos (Resolução-RDC nº 35, publicada em 3 de junho de 2008; e Resolução-RDC nº 36, publicada em 17 de junho de 2009). A proibição do formol e sua restrição também ocorrem em outros países, como, entre outros, os Estados Unidos, Inglaterra, Alemanha e Japão.

O formol pode ser encontrado em diversos itens comerciais, desde produtos de limpeza, cosméticos^{5,6} e alimentos,^{7,8} incluindo bebidas alcoólicas, como, por exemplo, a cerveja.⁹ Também existem produtos que podem liberar formol no ar, dentre eles fumaça de

cigarro,¹⁰ roupas, madeira compensada e materiais de construção e acabamento.¹¹ No caso de produtos que liberam formol no ar, há o risco de contaminação em diversos estabelecimentos, os quais necessitam ser regulados, o que seria o caso de bares, salões de beleza, hospitais, áreas de construção e lugares de estocagem, os quais podem possuir altas concentrações de formol caso o ambiente não seja bem ventilado. No caso do Brasil, a ANVISA proíbe o uso de formol em alguns produtos de higiene pessoal. Entretanto, em alguns casos permite o uso deste como conservante, na concentração limite de no máximo 0,2%.¹²

Outro problema que tem sido amplamente discutido na mídia nos últimos anos está relacionado à adição criminosa de formol ao leite. Recentemente foram relatados aqui no Brasil diversos casos de adulteração de leite com formol, por várias empresas.¹³⁻¹⁵ O leite é utilizado diariamente, principalmente por crianças, e é consenso que a presença de formol neste alimento não é aceitável. Portanto, é necessário o controle de formol nestes produtos de forma simples e acessível ao consumidor deste produto. É importante ressaltar que não é permitido o uso de formol como conservante alimentar em produtos alimentícios no Brasil.

Várias técnicas foram reportadas para determinação de formol em diversas condições e amostras, de forma direta ou indireta, como, por exemplo, cromatografia líquida,¹⁶ eletroquimioluminescência,¹⁷ espectrofotometria,^{17,18} e fluorimetria.¹⁹ Entretanto, apesar da precisão dessas técnicas, análises laboratoriais são pouco práticas para o uso cotidiano, principalmente se o próprio consumidor deseja ter um controle mais efetivo do que esta consumindo, seja como alimento ou produto de higiene ou beleza. Neste contexto, surge a demanda por uma forma de análise simples, com baixo custo e robusta, de fácil execução, que forneça resultados rápidos.

Atualmente existem no mercado apenas dispositivos portáteis para detecção qualitativa ou quantitativa de formol no ar. De fato, vários métodos foram propostos para análises portáteis, dentre eles um dispositivo que mede a concentração de formol no ar²⁰ e outro em que um material nanoporoso é utilizado como indicador visual ou então é acoplado a um dispositivo para medições mais precisas.²¹ Ambos partem do mesmo princípio de utilizar uma detecção colorimétrica

*e-mail: psuarez@unb.br

de um aduto formado a partir do formol capturado no ar, que fica suportado em uma matriz sólida. Em outro trabalho foi feita a impregnação do reagente de Schiff em uma matriz sólida de sílica.²²

O uso do reagente de Schiff como detector para formol já é conhecido, de modo que este é utilizado para análises qualitativas orgânicas para o reconhecimento de aldeídos. O princípio da técnica é a utilização do reagente de Schiff, que reage prontamente com o formol, gerando um aduto de cor azul púrpura, facilmente distinguível a olho nu.²³ O reagente de Schiff é uma solução incolor que contém uma molécula indicadora, a qual é produzida pela reação entre a *p*-rosanilina, um corante orgânico de cor rosácea em solução, com sulfito em meio ácido. Este composto é incolor e reage na presença de aldeídos, reconjugando o sistema e gerando uma nova cor em solução, azul púrpura. Na ausência de aldeídos o reagente de Schiff não gera cor, permanecendo incolor. Entretanto, o efeito de diluição ou separação cromatográfica no reagente de Schiff causa sua decomposição, liberando a *p*-rosanilina livre, o que confere a cor rosácea, a qual é distinguível da cor do aduto entre o reagente de Schiff e aldeídos em função da tonalidade.²⁴

É importante ressaltar que o reagente de Schiff pode ser utilizado para detecção de aldeídos leves em produtos comerciais, de forma direta, a qual já foi relatada em outro estudo anterior do nosso grupo,²⁴ e que inclusive foi possibilitada para aplicação comercial do reagente de Schiff, método este de estabilização patenteado, o qual já é utilizado comercialmente.^{25,26} Apesar de não ser específica para a detecção de formol, entende-se que caso a amostra possua algum aldeído que reaja com o Reagente de Schiff, esta possivelmente, de forma similar ao formol, pode ser agressiva ao corpo humano, merecendo atenção. Em outro aspecto, o objetivo da técnica é o de ser utilizada como forma de triagem, não sendo necessário que a técnica seja específica para a detecção de formol. Entretanto, o uso direto do reagente de Schiff em amostras comerciais incorpora um maior custo em materiais para as dosagens, e inclusive um gasto relacionado com a quantidade, tendo em vista que o reagente de Schiff é extremamente sensível ao formol.

Neste trabalho é proposto o uso de um material de baixo custo e descartável, o qual pode ser utilizado para detectar formol em diversos produtos comerciais e inclusive no ar, o qual é baseado na impregnação do reagente de Schiff em papel, formando papel impregnado indicador.²⁵ Este indicador é mais versátil e barato que as outras técnicas portáteis propostas para análise de formol. O objetivo deste indicador é que seu uso seja realizado corriqueiramente e que qualquer pessoa entenda seus resultados.

PARTE EXPERIMENTAL

Materiais e reagentes utilizados

P-rosanilina p.a. (Vetec), metabissulfito de sódio p.a. (Synth), ácido clorídrico p.a. (Vetec) e formaldeído p.a. (Vetec) foram adquiridos de fontes comerciais com grau de pureza analítico e usados como recebidos. Os produtos comerciais testados foram obtidos em comércios locais e em todos eles foi verificada a ausência de formol, sendo eles leite integral, xampu, condicionador e detergente neutro.

Síntese do reagente de Schiff

A síntese foi baseada em uma metodologia descrita na literatura,²⁵ com algumas modificações. Foi dissolvido 0,2 g de *p*-rosanilina em 120 mL de água aquecida e deixada esfriar. Em seguida, foi dissolvido 0,5 g de bissulfito de sódio em 20 mL de água e posteriormente misturado com a solução de *p*-rosanilina. A solução foi agitada e em seguida foram adicionados 2 mL de ácido clorídrico e o volume foi completado até 200 mL. O frasco foi tampado e deixado em repouso por um dia. Posteriormente, a solução foi tratada com carvão ativado

e filtrado até obter-se uma solução translúcida e incolor. O reagente de Schiff obtido foi armazenado em frascos âmbar tampados de modo a não haver espaço vacante no frasco, sendo armazenado sob refrigeração (-4 °C). Estes cuidados no seu armazenamento são necessários para aumentar o tempo de vida útil do reagente.

Confecção dos papéis indicadores

Primeiramente, foi cortado o papel filtro em tamanhos 2x2 cm e 2x4 cm. Então, foi preenchido o fundo de uma placa de Petri com o reagente de Schiff e, com o auxílio de uma pinça, os papéis foram embebidos na solução e, posteriormente, colocados para secar sobre uma superfície recoberta com um filme de polietileno. Após secarem, os papéis impregnados mantêm a sua cor inicial, sem alterações. Quando secos, os papéis foram armazenados em um recipiente fechado e guardados em um freezer com temperatura inferior de -4 °C.

Teste geral de detecção de formol com os papéis impregnados em produtos lácteos e cosméticos

Primeiramente, foram preparadas amostras padrão misturando quantidades conhecidas de formol em produtos comerciais (leite, xampu, detergente e condicionador para cabelos) e soluções aquosas do aldeído com concentrações conhecidas. As amostras, tanto as soluções aquosas quanto as de produtos comerciais, foram preparadas com as seguintes concentrações de formol: 0; 0,1; 0,5; 1,0, e 5,0 vol%. Então, foi depositada uma gota de cada amostra sobre o papel indicador preparado, para observação da mudança de cor.

Teste de detecção de formol com os papéis impregnados em produtos lácteos

Amostras de bebidas lácteas foram submetidas ao teste de detecção de formol utilizando a matriz celulósica impregnada com o reagente de Schiff. Foram analisadas amostras comerciais de leite integral, leite desnatado, leite achocolatado e bebida láctea de frutas, com amostras isentas de formol comparadas com amostras contaminadas na proporção de 0,01, 0,1 e 1 vol% de formol. Como referência, em todos os ensaios, uma extremidade do papel impregnado foi tratada com a amostra isenta de formol e, na outra extremidade, a amostra contaminada era colocada, sendo utilizados nestes ensaios os papéis de dimensão 2x4 cm.

Teste de detecção de formol no ar utilizando o papel indicador

Para o teste de detecção de formol no ar foi utilizada uma caixa selada, com quantidade suficiente de formol para saturar o ar dentro da caixa com a concentração desejada. Foi utilizada uma caixa de polietileno, com volume interno de 20 L, onde foi colocada uma placa de Petri contendo uma solução aquosa de formol em quantidade suficiente para saturar o ar dentro da caixa com a concentração desejada. Então, foi colocada a tampa, de onde estava suspenso um papel impregnado, e foi feita vedação com graxa de silicone. Foram utilizadas as concentrações de 1, 5, 10, 25, 50 e 100 mg kg⁻¹ de formol no ar, tendo como referência uma caixa teste isenta de formol.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Obtenção dos papéis impregnados e atividade do reagente de Schiff

Para impregnar 100 papéis de 2x2 cm foram utilizados 13 mL do Reagente de Schiff, os quais foram destinados para os testes com

produtos comerciais. Ao final do processo de impregnação, os papéis permaneceram com a cor original branca. É importante ressaltar que o método de imersão utilizado é imprescindível, pois a adição do reagente de Schiff sobre a folha de papel por gotejamento possibilita a separação cromatográfica do reagente, fazendo com que o indicador se decomponha, formando a *p*-rosanilina, que tinga a matriz com seu tom rosáceo.

Para exemplificar as cores obtidas no uso do reagente de Schiff nos testes realizados, pode-se observar a coloração das soluções contidas nos diferentes frascos mostrados na Figura 1: (a) contém a *p*-rosanilina; (b) contém uma mistura de cores de adutos cromóforos derivados do Reagente de Schiff misturado com *p*-rosanilina; (c) há apenas adutos cromóforos derivados do Reagente de Schiff; e (d) contém adutos cromóforos derivados do Reagente de Schiff em grande concentração. É importante observar estes padrões de cores, pois, quando um teste está isento de formol, nenhuma cor é gerada. Entretanto, mediante a degradação do Reagente de Schiff *in loco*, a cor rosácea é observada. Quando uma amostra possui formol, geralmente é formada uma cor levemente roxa, semelhante ao frasco b da Figura 1. Sendo muito alta a concentração de formol, a cor da *p*-rosanilina torna-se pouco perceptível, formando cores tendendo à cor do frasco d da Figura 1.

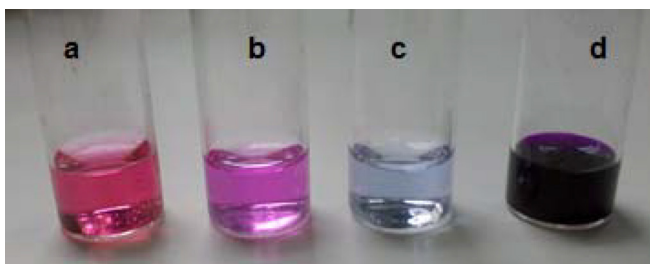


Figura 1. Cores das substâncias puras e cores formadas da mistura de cromóforos e da diferença de concentrações dos mesmos, onde: (a) *p*-rosanilina; (b) uma mistura de *p*-rosanilina e o aduto aminosulfonado; (c) o aduto aminosulfonado; e (d) aduto aminosulfonado em maior concentração. Note que a cor de b corresponde à mistura de a e c

Estabilidade e reatividade dos papéis indicadores

Após secos, os papéis indicadores permanecem com a cor original do papel utilizado, que no caso era branca. Quando guardados sob refrigeração, sua validade se estendeu por, no mínimo, 4 meses, com sensível perda de detecção após esse período, em função da decomposição do reagente de Schiff devido à perda do SO₂ na forma de gás. Sem refrigeração, a estabilidade é mantida por até duas semanas. Quando não armazenados adequadamente os papéis, estes escurecem até ficarem com a superfície completamente escura, perdendo a atividade.

Os papéis indicadores foram testados inicialmente com soluções aquosas de formaldeído, conforme pode ser visto na Figura 2. Foi verificado que para baixas concentrações o papel permaneceu incolor e para concentrações acima de 0,5 vol% houve sempre a geração

instantaneamente de cor violeta. Deve-se ressaltar que a intensidade da cor formada é proporcional à quantidade de analíto presente na amostra. No entanto, em testes com amostras contendo concentrações superiores a 5 vol%, não se percebe a olho nu um aumento na intensidade, não sendo mais possível distingui-la de soluções com concentrações maiores. Já na ausência do aldeído, não se observou a formação de cores. Um fato que deve ser mencionado é que, quando o teste é realizado com uma amostra isenta de aldeído, pode ocorrer uma decomposição do reagente de Schiff, sendo liberada *p*-rosanilina livre que é carregada pela fase líquida ao longo do papel, gerando lentamente uma cor rosácea na borda. Esse fato se dá em função da separação cromatográfica que o reagente de Schiff sofre na presença de um eluente advindo da amostra. Porém, nos casos onde a cor rosácea é gerada, ela é facilmente distinguível da coloração violeta que se verifica instantaneamente na presença de aldeído, não havendo riscos de ocorrer um resultado tipo “falso-positivo”.

Ensaio com os produtos comerciais

Quanto às amostras de xampu e detergente, que podem ser vistas respectivamente nas Figuras 3 e 4, observa-se que nas amostras isentas de formol surgiu uma cor rosácea. Já nas amostras contendo 0,1 vol% de formol, foi possível observar uma diferença de tonalidade em comparação com as amostras isentas de formol, porém a cor fica claramente distinguível apenas em 0,5 vol%, sendo que a cor formada é violeta. Em ambos os casos é possível observar uma variação da tonalidade em função da concentração até 1 vol%, porém acima de 5 vol% a cor violeta formada torna-se indistinguível. Nesses testes, verificou-se que, quando gotejadas, devido à sua alta viscosidade, as amostras não são rapidamente absorvidas pelo papel, como verificado no caso das soluções aquosas, mas este fato não prejudicou a análise. Já nas amostras de condicionador de cabelo (Figura 5), que possui um aspecto cremoso, sua adição direta no papel não é eficiente, sendo necessária a sua diluição prévia com água para se conseguir uma viscosidade menor que permite a absorção mínima pelo papel de modo a formar a cor púrpura. Esses resultados sugerem que, para aplicação da técnica a cosméticos com texturas consistentes, se faz necessária a diluição da amostra.

Nos testes com as amostras de leite, foram observadas cores mais intensas em relação às obtidas quando outros produtos foram analisados (veja Figura 6). No teste com a amostra de leite isenta de formol, é possível observar com clareza uma cor rosa formada, relativa à *p*-rosanilina livre gerada em razão da decomposição do reagente de Schiff. Deve-se destacar que no caso das amostras de leite foi possível identificar a contaminação a partir de concentrações de 0,1 vol%, sendo gerada uma cor violeta muito intensa. No entanto, devido à forte intensidade da cor formada, não é possível distinguir-se das amostras com concentrações de formol superiores.

Ensaio com os produtos lácteos

Uma vez observado que amostras contendo leite são mais adequadas para o teste, em função da intensa coloração das amostras quando

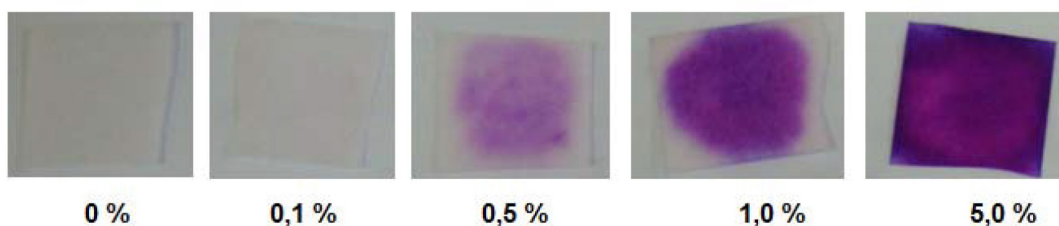


Figura 2. Ensaio realizado utilizando os papéis impregnados, com soluções padrão de formol em diferentes concentrações (vol%)

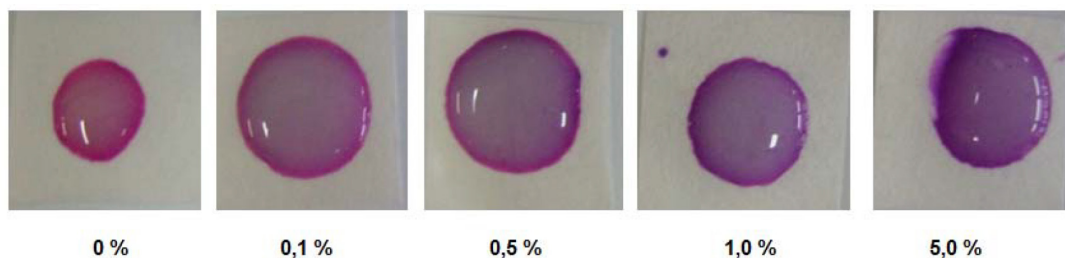


Figura 3. Ensaio realizado utilizando os papéis impregnados, com soluções padrão de detergente em diferentes concentrações (vol%)

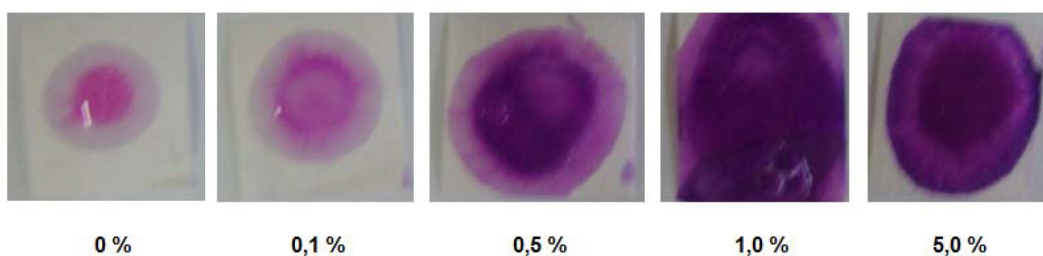


Figura 4. Ensaio realizado utilizando os papéis impregnados, com soluções padrão de xampu em diferentes concentrações (vol%)

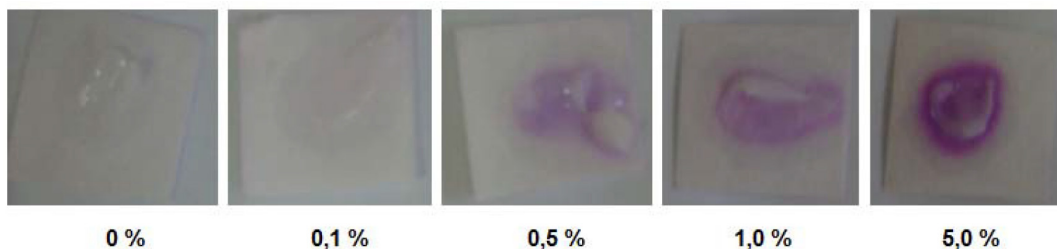


Figura 5. Ensaio realizado utilizando os papéis impregnados, com soluções padrão de condicionador em diferentes concentrações (vol%)

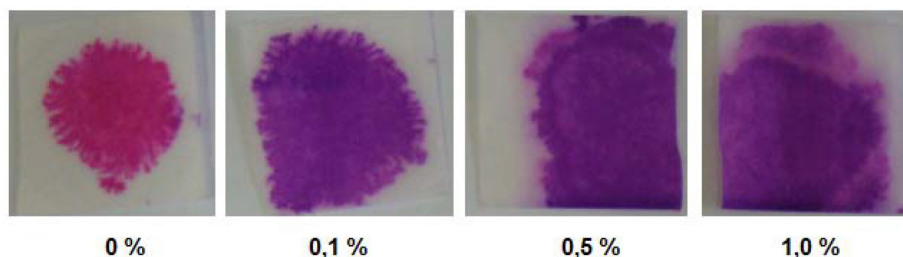


Figura 6. Ensaio realizado utilizando os papéis impregnados com soluções padrão de leite integral em diferentes concentrações (vol%)

em contato com o reagente de Schiff, os testes para averiguar a sensibilidade e robustez do método foram aprofundados. Para tal, foram avaliados diversos produtos lácteos, tais como o leite integral, leite desnatado, leite achocolatado e bebida láctea de frutas. Nesses testes, sobre um mesmo papel impregnado, foi pingado o padrão isento de formol em uma extremidade e, na outra extremidade, o padrão com quantidade conhecida de formol. Foram utilizadas contaminações de formol de 0,01, 0,1 e 1 vol%.

Nas amostras de leite integral, que podem ser observadas na Figura 7, como esperado, observa-se claramente a diferença entre uma amostra contaminada e não contaminada com formol. Surpreendentemente, a contaminação com 0,01 vol% de formol apresenta cor claramente distinta do leite isento de formol. Essa amostra indica que um padrão colorimétrico pode ser utilizado como referência, em conjunto com a análise, a fim de certificar os resultados obtidos.

Nas amostras de leite desnatado (Figura 8), observa-se o mesmo comportamento do leite integral, mostrando que não há diferença

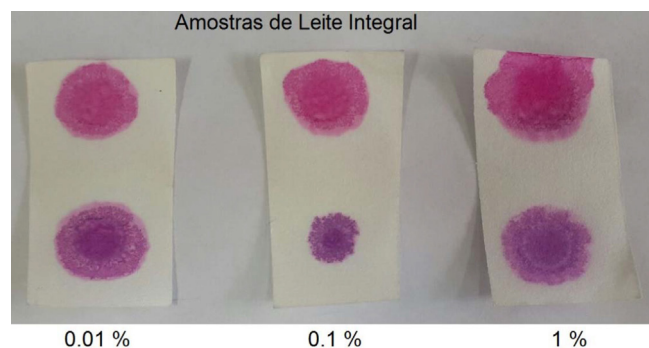


Figura 7. Ensaio realizado utilizando os papéis impregnados com soluções leite integral/formol em diferentes concentrações de formol em vol%. Na extremidade superior encontram-se os padrões isentos de formol e, nas extremidades inferiores dos papéis, as amostras contaminadas com formol em diferentes concentrações

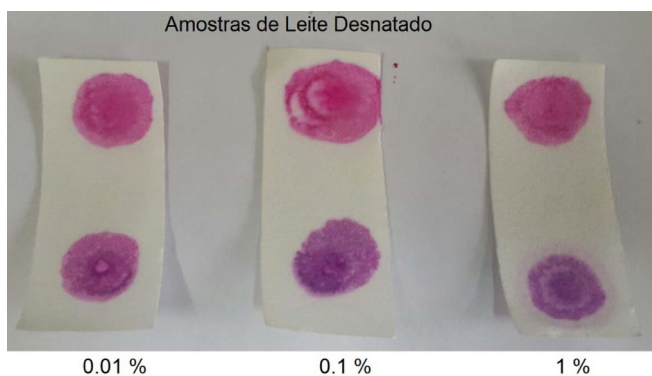


Figura 8. Ensaio realizado utilizando os papéis impregnados com soluções leite desnatado/formol em diferentes concentrações de formol em vol%. Na extremidade superior encontram-se os padrões isentos de formol e, nas extremidades inferiores dos papéis, as amostras contaminadas com formol em diferentes concentrações

significativa entre os produtos em relação ao teste de detecção de formol em questão. É visível também a diferença de cores na presença e ausência de formol, mesmo à concentração de 0,01 vol%.

Nas amostras de leite achocolatado, na Figura 9, o resultado colorimétrico foi mais discreto em relação aos testes anteriores. Ainda é possível observar as cores características das amostras de leite. Entretanto, apenas no halo gerado em torno da área marrom do achocolatado. É importante salientar que a amostra de achocolatado possui cor marrom escura, que gera a mancha central no meio das manchas. Nas bordas da mancha marrom, é possível observar claramente a diferença de cores nas amostras testadas contendo contaminação com formol de 0,1 e 1 vol%. Entretanto, no teste com a amostra contaminada com 0,01 vol% de formol, a diferença de cor ficou pouco perceptível, dificultando a interpretação do resultado.

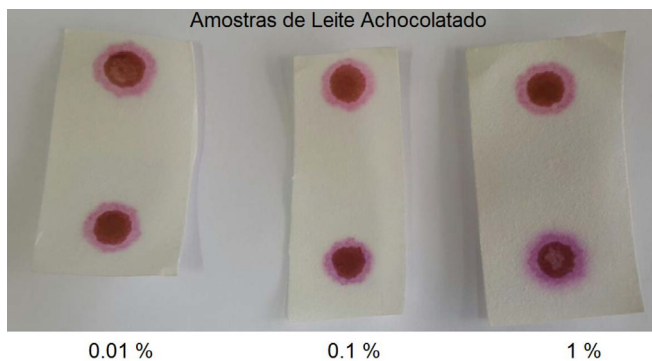


Figura 9. Ensaio realizado utilizando os papéis impregnados com soluções leite achocolatado/formol em diferentes concentrações de formol (vol%). Na extremidade superior encontram-se os padrões isentos de formol e, nas extremidades inferiores dos papéis, as amostras contaminadas com formol em diferentes concentrações

Nos resultados das análises das amostras de bebida láctea de frutas, que podem ser vistas na Figura 10, observa-se um padrão semelhante ao exposto no caso do leite achocolatado, em que a bebida láctea de frutas possui uma tonalidade laranja, que dá origem à mancha laranja central observada nos papéis. Entretanto, ao contrário do exemplo anterior, a distinção entre as cores de amostras não contaminadas e contaminadas é perceptível, formando claramente uma cor roxa nas amostras contaminadas, mesmo a 0,01 vol%, sendo distinguível do padrão isento de formol de coloração rosácea.

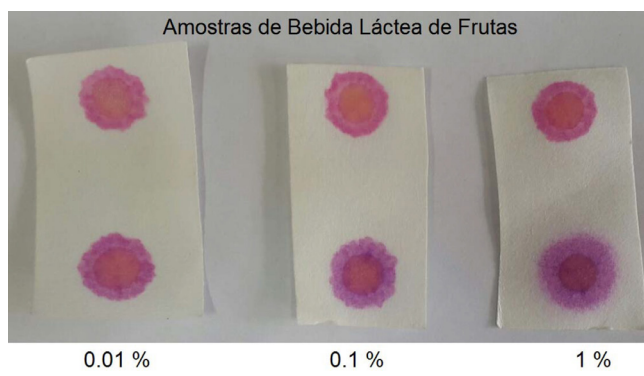


Figura 10. Ensaio realizado utilizando os papéis impregnados com soluções bebida láctea de frutas/formol em diferentes concentrações de formol em vol%. Na extremidade superior encontram-se os padrões isentos de formol e, nas extremidades inferiores dos papéis, as amostras contaminadas com formol em diferentes concentrações

Teste de formol no ar

Nos testes realizados com papel indicador em caixas contendo ar com concentrações de formaldeído de 0 a 100 mg/kg, foi observado que o papel é sensível à presença do aldeído. Na caixa isenta de formol, o papel indicador permaneceu sem alterações de cor por uma semana. No entanto, para tempos maiores foi verificado o escurecimento do papel, semelhante ao ocorrido quando o mesmo não é armazenado sob refrigeração. Já nas caixas contendo ar com formol foi verificada a formação de coloração violeta no período de 1 a 2 h, mesmo para concentrações de 1 mg/kg. Foi verificado, também, que a intensidade de coloração do papel é proporcional tanto à quantidade de formol no ar quanto ao tempo de exposição, indicando que existe um controle cinético na absorção do formol pelo papel indicador. Assim, apesar da eficiência do papel para detectar a presença de formol no ar, não foi possível estimar um valor de forma quantitativa ou semi-quantitativa da concentração, visto que a intensidade da cor varia tanto em função do tempo como da concentração. Todavia, quando exposto à luz do sol ou a fontes de calor, foi observado que o papel adquire uma cor rosácea, devido à decomposição do reagente de Schiff, indicando que o teste não é adequado para análises em ambientes com essas condições, sendo necessários alguns ajustes para uma aplicação direta nessas situações.

CONCLUSÃO

Todos os diferentes tipos de amostras de produtos comerciais, contaminadas ou não com formaldeído, quando submetidas ao teste com o papel impregnado, mostraram resultados satisfatórios, confirmando a robustez do método. A versatilidade do papel indicador também permitiu a detecção de formol no ar, mesmo a baixas concentrações. Entretanto, faz-se necessário um maior desenvolvimento do produto para tal aplicação. O papel impregnado com o reagente permite a identificação colorimétrica de formol em diversos produtos comerciais cosméticos e alimentícios em diferentes concentrações, inclusive abaixo de 1 vol% de formol nas amostras. Nenhum dos produtos utilizados gerou interferência na análise, e não foram necessários pré-tratamentos das amostras, exceto para amostras com aspecto cremoso, confirmando a robustez do método. A mais importante aplicação do papel impregnado é na detecção de formol em leites e derivados de leites, em que as cores podem ser distinguidas facilmente para contaminações de até 0,01 vol% de formol, podendo haver o auxílio de um padrão colorimétrico para a interpretação da análise.

Conclui-se que foi desenvolvido um produto simples, baseado em materiais renováveis, que atende demandas da população, visando

à saúde pública, sendo este um teste simples que pode ser aplicado na triagem de amostras, facilitando atividades de fiscalização ou mesmo sanando dúvidas da população quanto ao uso dos seus produtos diários.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos diversos órgãos que têm financiado as pesquisas em combustíveis do LMC-UnB, tais como FAPDF, CNPq, CAPES e FINEP. PAZS, RRS e GBCM. Agradecem ao CNPq e à CAPES pelas bolsas de pesquisa. Finalmente, os autores agradecem aos diversos programas do CDT/UnB que colaboraram com diversas ações envolvidas no desenvolvimento desta tecnologia de análise e com a sua comercialização.

REFERÊNCIAS

1. Arts, J. H. E.; Muijsers, H.; Kuper, C. F.; Woutersen R. A.; *Regul. Toxicol. Pharmacol.* **2008**, *52*, 189.
2. Zhang, L.; Steinmaus, C.; Eastmond, D. A.; Xin, X. K.; Smith, M. T.; *Mutat. Res.* **2009**, *681*, 150.
3. Casanova, M.; Heck, H. d'A.; *Regul. Toxicol. Pharmacol.* **2004**, *40*, 92.
4. Duong, A.; Steinmaus, C.; McHale, C. M.; Vaughan, C. P.; Zhang, L.; *Mutat. Res.* **2011**, *728*, 118.
5. Doi, T.; Kajimura, K.; Taguchi, S.; *J. Health Sci.* **2010**, *56*, 116.
6. Lefebvre, M-A.; Meuling, W.J.A.; Engel, R.; Coroama, M. C.; Pape, G. R. W.; Nohynek, G. J.; *Regul. Toxicol. Pharmacol.* **2012**, *63*, 171.
7. Weng, X.; Chon, C. H.; Jiang, H.; Li, D.; *Food Chem.* **2009**, *114*, 1079.
8. Wang, S.; Cui, X.; Fang, G.; *Food Chem.* **2007**, *103*, 1487.
9. Wang, T.; Gao, X.; Tong, J.; Chen, L.; *Food Chem.* **2012**, *131*, 1577.
10. Dales, R.; Liu, L.; Wheeler, A. J.; Gilbert, N. L.; *Can. Med. Assoc. J.* **2008**, *179*, 145.
11. Bohm, M.; Salem, M. Z. M.; Srba, J.; *J. Hazard. Mater.* **2012**, *221* – 222, 68.
12. http://www.anvisa.gov.br/cosmeticos/alisantes/escova_progressiva.htm, acessado em Maio de 2017.
13. <https://cienciaalimentos.wordpress.com/2013/05/08/materia-e-nota-tecnica-leite-operao-leite-compenado-investiga-fraude-em-leite-transportado-no-rio-grande-do-sul/>, acessado em Maio de 2017.
14. <http://g1.globo.com/economia/noticia/2014/04/parmalat-e-lider-anunciam-recall-de-300-mil-caixas-de-leite-com-formol.html>, acessado em Maio de 2017.
15. <http://www.asbra.com.br/noticia/formol-e-encontrado-em-quatro-marcas-de-leite-no-rio-grande-do-sul>, acessado em Maio de 2017.
16. Larsen, A.; Jentoft, N. A.; Greibrokk, T.; *Sci. Total Environ.* **1992**, *120*, 261.
17. Cui, X.; Fang, G.; Jiang, L.; Wang, S.; *Anal. Chim. Acta* **2007**, *590*, 253.
18. Mohamed, A. A.; Mubarak, A. T.; Marestani, Z. M. H.; Fawy, K. F.; *Talanta* **2008**, *74*, 578.
19. Oliveira, F. S.; Sousa, E. T.; Andrade, J. B.; *Talanta* **2007**, *73*, 561.
20. Mariano, S.; Wang, W.; Brunelle, G.; Bigay, Y.; Tran thi, T-H; *Procedia Eng.* **2010**, *5*, 1184.
21. Maruo, Y. Y.; Nakamura, J.; *Anal. Chim. Acta* **2011**, *702*, 247.
22. Maruo, Y. Y.; Nakamura, J.; Uchiyama, M.; Higuchi, M.; Izumi, K.; *Sensor. Actuator. B.* **2008**, *129*, 544.
23. Robins, J. H.; Abrams, G. D.; Pincock, J. A.; *Can. J. Chem.* **1980**, *58*, 339.
24. Martins, G. B. C.; *Dissertação de mestrado*, Universidade de Brasília, Brasil, **2012**.
25. Suarez, P. A. Z.; Martins, G. B. C.; INPI nº BR 10 2012 012197 2, **2012**.
26. Martins, G. B. C.; Montenegro, M. A.; Suarez, P. A. Z.; *Quim. Nova* **2015**, *38*, 280.