

**II Seminário de Corantes Naturais para Alimentos
I Simpósio Internacional de Urucum**

A COR NO CONTROLE DE QUALIDADE

Vera Lúcia Pupo FERREIRA

A COR NO CONTROLE DE QUALIDADE

Vera Lúcia Pupo FERREIRA

A medida em que os consumidores tornam-se mais exigentes na elaboração das leis que os protegem e principalmente pela educação que advém dos conhecimentos adquiridos no dia a dia e pelas características de produtos concorrentes, o controle de qualidade assume cada vez mais sua posição dentro dos centros produtores.

Os produtos alimentícios cada vez mais são vendidos devido às próprias características visuais que apresentam, evidentemente, com todo o apoio de retaguarda de campanhas comerciais que induzem o consumidor à compra. Não se pode dizer que um produto de nível de qualidade baixo vá sobreviver no mercado por longo tempo, uma vez que os concorrentes estarão sempre oferecendo mais atratividade em termos de qualidade e preço. É lógico que aqui se defina muito bem o que é qualidade, se o consumidor deseja ou aceita e que está intimamente ligada à sua faixa sócio-econômica. Disso se conclui que um consumidor, ao se decidir por um produto, vá levar em conta a qualidade e o preço. A qualidade visual é a que causa a primeira impressão ao consumidor, donde resulta a aceitação ou a rejeição do produto. Isso ocorre porque a natureza sempre nos ensinou que a aparência e principalmente as cores estão relacionadas com a qualidade, apesar de as vezes não ser verdade, uma vez que, por exemplo, nem sempre uma laranja de casca amarela é doce. A natureza é mestra na arte de colorir os alimentos, dando-lhes matizes que aumentam sobremaneira sua atratividade e os tornam muito mais apelativos ao apetite. Todas essas pinceladas são principalmente dadas nas regiões do vermelho e amarelo do espectro sem que nos esqueçamos das demais. Os processadores de alimentos, seja de indústrias, padarias ou confeitarias, trabalham incessantemente buscando manter o máximo possível da cor original da matéria-prima que deu origem ao produto processado ou conferindo-lhe cores por meio da adição de corantes. Não que sejamos a favor do uso indiscriminado de corantes naturais ou artificiais em alimentos, visando aumentar-lhes a atratividade e o consumo, mas não devemos nos esquecer que primeiro se comem os alimentos com os olhos, depois com a boca. Técnicas corretas e cientificamente embasadas na arte de colorir os alimentos devem ser utilizadas e as legislações obedecidas a fim de que se preserve a saúde dos consumidores, principalmente dos consumidores pequenos, as crianças, que formam a faixa mais influenciável a ser atingida.

O consumidor avalia os alimentos com os olhos, esse maravilhoso equipamento, capaz de detectar cerca de 10.000 cores diferentes, porém com memória pobre para cores, pois se lembra apenas de aproximadamente 300. Logo, como estabelecer no controle de qualidade das cores de um produto a faixa de variação aceitável dentro de opções de matérias-primas e processos e de tempo de vida-de-prateleira? Perguntando ao consumidor que faixa de cor ele aceita para esse determinado produto, já que a cor, por ser um fenômeno psico-físico, segundo FRANCIS e CLYDESDALE pode ser definida como a sensação que a pessoa experimenta, quando a luz na região visível do espectro atinge a retina do olho. Essa faixa vai de aproximadamente 380 a 720nm, o que inclui pequenas porções da faixa da luz ultravioleta e infravermelho.

Os olhos, este versátil equipamento, ao receberem os raios de luz refletidos do objeto, os focalizam nas lentes e os fazem incidir na retina onde se localizam os cones e os bastonetes. Os cones se localizam numa região da retina denominada de fóvea sob um ângulo de 2° em relação à luz incidente e se distribuem sobre a mácula num ângulo de 10°. Afastando-se da fóvea vai diminuindo o número de cones e aumentando o de bastonetes, até um ângulo de 20° em relação

II Seminário de Corantes Naturais para Alimentos
I Simpósio Internacional de Urucum

à luz incidente. Os cones, em número de três, respondem pelo branco, preto e uma série de cinzas, pelo verde-vermelho e pelo amarelo-azul, enquanto os bastonetes respondem pelo preto, branco e alguns cinzas. Os cones respondem a altas intensidades de luz e os bastonetes a baixas. A visão das cores durante o dia é dada pelos cones e, à noite, em ambientes iluminados, ocorre a participação conjunta dos cones e bastonetes. Com pouca luz, os cones se retraem e os bastonetes se expõem e com o aumento da luz, o inverso ocorre. Evidentemente, nem todos enxergam as cores da mesma maneira, ou seja, nem todos têm o mesmo nível de discriminação; porém, na média, a maioria tem discriminação normal, que é a considerada para os consumidores em geral. Em estudos de laboratório e controle de qualidade, o analista que realizar exames visuais da aparência e cor deve ter uma boa discriminação para cores e, portanto, deve ser testado o seu nível de discriminação determinado. Para tanto, existem jogos de teste como F.W. 100 Hue Test, Color Aptitude Test, dentre outros. Uma vez selecionado o grupo de pessoas que irá realizar os exames visuais, vamos discutir um pouco sobre a parte física da cor, pois muitas vezes é necessário registrar objetivamente as cores. A luz, ao atingir um objeto, pode ser refletida, absorvida, refratada, transmitida e difundida.

A cor de um objeto é dada pela luz por ele refletida num ângulo aproximado de 45° em relação à luz incidente, o que é chamado de reflexão difusa, já que ocorre um esparrame da luz pelas características de rugosidade da superfície. Reflexões sob ângulos de 90° a 120° em relação à luz incidente são responsáveis pelo brilho do objeto e características de superfícies polidas.

A luz, ao incidir sobre um objeto, pode atravessá-lo com um mínimo de absorção e reflexão. Quando isso ocorre, o objeto é chamado de transparente, ou seja, a luz, na sua maioria, é transmitida. Quando o contrário ocorre e a luz é absorvida pelas partículas internas do objeto, este é denominado de opaco. Então, um objeto que absorve toda ou quase toda a luz nele incidente é denominado preto e o que reflete toda ou quase toda a luz nele incidente é denominado branco.

A luz, ao incidir sobre um objeto, dependentemente do grau de opacidade, vai penetrando e os raios vão incidir sobre os pigmentos, sendo absorvidos e difundidos, à medida que incidirem em partículas de diferentes índices de refração. Conforme a intensidade da difusão, em decorrência do tamanho das partículas é a intensidade da luminosidade do objeto. Então, se considerarmos inicialmente um pedaço de vidro colorido escuro, conforme vamos fragmentando esse vidro e assim reduzindo o tamanho das partículas e aumentando a reflexão, ele vai se tornando de cor mais clara até se tornar sem cor.

É evidente que a qualidade da luz incidente sobre o objeto tem importância na sua cor, uma vez que é resultado da reflexão seletiva sobre sua superfície. Em 1931, a CIE (Commission International d'Eclairage) definiu três fontes de luz visando à uniformização das condições de observação da cor: fonte A (iluminante A), lâmpada de tungstênio operando à temperatura de cor de 2854°K ; fonte B (iluminante B), dada por modificação da fonte A com um filtro líquido com temperatura de cor de 4.870°K e que representa a luz direta do sol; fonte C (iluminante C) obtido de maneira similar à usada na fonte B, representando a média da luz do dia e selecionada com a temperatura de cor de 6.740°K . Em 1965 foram recomendados pelo CIE novos iluminantes para complementar as fontes A, B e C, contendo porções da luz na região do ultravioleta e com temperatura de cor entre 4.000 e 25.000°K . Destes, o mais importante é o D65, relacionado com a temperatura de cor de 6.500°K . O iluminante F está relacionado com a temperatura de cor de 4.400°K . A condição de observação da cor recomendada pela CIE é com a iluminação a 45° e observação a 90° , obedecendo ao ângulo de 45° entre o feixe de luz incidente e o refletido (difusão).

II Seminário de Corantes Naturais para Alimentos
I Simpósio Internacional de Urucum

Tendo sido consideradas a qualidade da luz e as condições de observação da amostra, resta definir que sólido de cor utilizar. Não devemos nos esquecer da tridimensionalidade da cor, a qual é representada pela luminosidade, no sentido vertical, que vai do preto ao branco, pelo croma, que está relacionado com a intensidade da cor, o qual aumenta à medida em que a cor se afasta do eixo central da luminosidade e pelo tom ou matiz, que circunda o plano da parte cromática da cor, cobrindo o espectro visível. Esta é a base dos sistemas de cor existentes e que se interrelacionam por meio de equações matemáticas apropriadas.

Dos sistemas de cor, pode-se citar o XYZ e Yxy da CIE, relacionados com as primárias irreais XYZ e os sistemas (Lab) Hunter, $L^* a^* b^*$ CIE, Rab, LcH, HVC.

Bem estabelecidas as condições para a determinação da cor, resta decidir como aplicar os conhecimentos obtidos em colorimetria no controle de qualidade.

Várias questões devem ser feitas, a fim de que se defina claramente o que se deseja saber ou controlar. O controle de qualidade da cor pode ser aplicado em:

1. matéria-prima e insumos
2. durante o processamento
3. no produto final – após processamento
 -- vida-de-prateleira
4. material de embalagem

Outro ponto a ser considerado é quanto ao tipo de equipamento a ser utilizado: deve-se adquirir um equipamento mais simples e rústico ou um equipamento mais sofisticado, com maiores opções de configuração quanto ao tipo de iluminante, ângulo e sistemas de cor? É necessário a obtenção da curva espectral? É possível usar o equipamento já existente na firma ou será necessário adquirir outro?

Escolhido o equipamento, deve-se decidir como apresentar a amostra a ser medida ao equipamento. O que fazer se a amostra é turva, transparente, opaca, pó, grânulos, curva, etc.? Nestas ocasiões, uma boa pesquisa bibliográfica pode ajudar muito a agilizar o trabalho.

Uma vez estabelecido o modo de apresentação da amostra ao equipamento, resta saber qual dos componentes da cor L, a ou b, X, Y ou Z, etc. realmente expressa a cor da amostra, quando avaliada visualmente ou se é necessário que se estabeleça outra função para expressá-la. Como tomar essa decisão?

Vencida esta etapa, resta saber qual a variação de cor aceitável que devo estabelecer para determinado produto, de acordo com variações da matéria-prima, insumos, processos, vida-de-prateleira. Como estabelecer estes parâmetros?

Sobre estes aspectos vamos discorrer mais detalhadamente, procurando oferecer informações que ajudem ao operador a tomar a decisão mais acertada, sempre levando em conta que se deve considerar a relação custo/benefício e que as análises em controle de qualidade devem, na medida do possível, ser: rápidas, de baixo custo e expressar a variação que realmente ocorre no produto.

Seleção da metodologia

Recomenda-se, inicialmente, uma boa pesquisa com bibliografia da área, como de institutos de pesquisa e universidades. Caso não haja metodologia de análise definida para o produto em questão, deve-se desenvolvê-la, sempre levando em conta que os resultados do equipamento devem traduzir o que os olhos vêem. Os seguintes passos são recomendados:

II Seminário de Corantes Naturais para Alimentos
I Simpósio Internacional de Urucum

1. Seleção da equipe de avaliação, que apresente boa discriminação para cores, por exemplo, geralmente de 0 a 38 erros pelo FW 100 Hue Test.

Caso o interessado não possua o jogo de teste para seleção de equipe, deve procurar as firmas representantes dos jogos ou instituições que possam realizar a seleção da equipe. Geralmente escolhe-se equipe de 6 a 10 julgadores. A avaliação da cor das amostras pode ser feita por ordenação ou escala.

2. Determinação do modo de apresentação da amostra ao equipamento.

Amostras pulverizadas podem ser comprimidas de forma padronizada para reduzir o efeito do tamanho das partículas. Amostras de superfície curva podem ser aplainadas pelo corte. Amostras em pedaços, como batata chips, podem ser fragmentadas para uniformizar o tamanho dos pedaços; outras como vagens, feijões, por exemplo, podem ser arranjadas de modo a constituir uma superfície mais uniforme possível. Em todos esses casos, em que a amostra é opaca, é importante salientar que se comprove a sua opacidade, isto é, estas devem ser colocadas numa espessura tal que garanta a opacidade. A opacidade da amostra é testada fazendo a leitura da cor com um fundo branco e um fundo preto. A amostra opaca deve apresentar as duas leituras aproximadamente iguais. Alguns equipamentos, mais sofisticados, realizam o cálculo da percentagem de opacidade.

Amostras líquidas, transparentes ou translúcidas e opacas, incluindo aqui as mais viscosas como doce de leite, requeijão, por exemplo, devem ser contidas em um recipiente para a leitura de cor. Nas amostras transparentes, a cor pode ser medida por meio de um sistema de transmissão, caso o equipamento apresente esta facilidade. No caso das outras, pode-se fazer a leitura da cor da amostra com diferentes espessuras, determinada por um fundo branco de valores de três estímulos ou espectrais conhecidos. O que ocorre, neste caso, é que a luz incidente atravessa a amostra, reflete no fundo branco e é recolhida no fotodetector do colorímetro. Nestes casos deve-se determinar os coeficientes de correlação entre as avaliações visuais e objetivas, visando a que espessura da amostra a avaliação objetiva reflete a avaliação visual da cor. Sobre este ponto discutiremos mais adiante.

Muitas vezes necessita-se diluir as amostras com água destilada, a um valor padronizado de teor de sólidos solúveis e, algumas vezes, desaerá-las empregando um sistema de bomba a vácuo e kitanatos ou dessecador e bomba a vácuo. Um exemplo, neste caso, são os produtos de tomate que são diluídos a $8,5 \pm 0,1^\circ\text{Brix}$ por indicação de metodologia padronizada.

Outras vezes, necessita-se de uma placa de vidro óptico para se fazer a leitura da cor de determinados produtos como carne, por exemplo. Neste caso, o aparelho deve ser calibrado com a placa de vidro e a carne colocada sobre ela para apresentação ao equipamento.

Amostras que apresentam textura aparente orientada devem ser giradas de modo a fazer a leitura nas duas posições de orientação das fibras.

3. Cálculo das funções matemáticas:

Muitas vezes, o coeficiente de correlação simples entre a avaliação visual e os valores isolados de três estímulos da cor não é o melhor, devendo-se pesquisar outras funções que se correlacionem melhor com os dados subjetivos. Nestes casos pode-se calcular os coeficientes de correlação múltiplas ou em relação ao croma ($C = \sqrt{a^2 + b^2}$), ou com o ângulo de tom $\theta = \tan^{-1} \frac{b}{a}$.

II Seminário de Corantes Naturais para Alimentos
I Simpósio Internacional de Urucum

4. Cálculo dos coeficientes de correlação entre a avaliação visual e objetiva:

Por meio da análise de regressão entre os pares formados pelas avaliações subjetivas e objetivas calculam-se os coeficientes de correlação, que em nossos trabalhos temos, a exemplo da literatura internacional, estipulado em, no mínimo, 0,90. Dessa maneira podemos isolar o parâmetro de três estímulos, a combinação dos parâmetros ou a função matemática que melhor represente a avaliação subjetiva da cor, ou seja, o que os olhos vêem. É este parâmetro que será utilizado para representar as avaliações objetivas da cor.

Neste ponto, já temos definida a metodologia para medição da cor da amostra, assim como o parâmetro que a define. Agora, podemos pensar sobre o que necessitamos fazer com as informações de que dispomos.

Neste caso, quatro questões podem surgir:

- 1) Como estipular os padrões de cor, ou seja, os limites de variações de cor admitidos para os insumos e/ou matéria-prima em relação ao produto final?
- 2) Como estabelecer os limites de variação de cor permitidos no produto, em relação a variações inerentes ao processo? Quanto tempo posso armazenar o produto?
- 3) Como saber qual o limite de variação de cor que meu produto pode ter em relação à aceitação pelo consumidor?
- 4) Como estabelecer os padrões a ser seguidos para cor da matéria-prima, insumos e produto final?

Bem, tendo em vista todas essas questões, o primeiro ponto a se definir são as faixas de variação de cor que ocorrem nas matérias-primas e insumos adquiridos de diversos fornecedores, regiões e épocas do ano. Também se deve levar em conta as alterações de cor que ocorrem durante a estocagem destes materiais. Aqui, não devemos nos esquecer de registrar os lotes, para acompanhamento do material até o produto final.

O segundo passo será registrar os diversos dados de cor do produto devido a variações aleatórias do processo.

O terceiro passo será registrar as alterações de cor do produto ocorridas durante o prazo de validade que desejamos que o produto tenha.

Neste ponto, temos todos os dados registrados. Então, podemos selecionar amostras do produto que cubram todas essas variações às quais a sua elaboração e estocagem está subordinada e podemos partir para um teste com o consumidor. Vamos utilizar aqui um mínimo de 100 pessoas, às quais o produto se destina e perguntar-lhes quais amostras têm cor aceitável ou não. Neste caso, as amostras devem ser apresentadas ao consumidor preparadas na forma de consumo, contidas em recipientes utilizados para o consumo habitual e sob a luz do dia. Pode-se oferecer fichas com os números das amostras e pedir que marquem com um x se aceitam ou rejeitam o produto quanto à cor. O número de amostras apresentadas vai depender do produto em questão, porém, sugere-se que sejam, no máximo, em número ao redor de 7.

Com os dados obtidos, dentro da população alvo desejada e pelos registros de dados de cor da matéria-prima, insumos, processo, armazenamento, pode-se determinar os padrões internos de aceitação ou rejeição, quanto à cor, dos diversos lotes.

II Seminário de Corantes Naturais para Alimentos
I Simpósio Internacional de Urucum

Os limites de aceitação para os padrões podem ser estabelecidos nos sólidos do tipo Lab pelas elipses contidas nos retângulos definidos por $L \times a$, $L \times b$, $a \times b$, pelos valores da diferença total de cor $\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$, pelos valores de $\Delta C = \sqrt{(\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$, do ângulo de cor, por cartelas coloridas no sistema Munsell, por comprimento de onda ou simplesmente pelos limites estabelecidos para cada parâmetro de três estímulos de cor. Pode-se também utilizar os padrões de cor já existentes para diversos produtos.

Agora, só resta aplicar os limites aceitáveis estabelecidos em todo o programa de controle de qualidade da indústria. É bom sempre lembrar de verificar como anda o produto dos concorrentes no mercado, pois é uma grande ajuda para se atualizar os padrões.

No caso do desenvolvimento de produtos novos pode-se seguir de maneira semelhante os mesmos passos seguidos no C.Q. Evidentemente, cada caso é um caso e deve ser avaliado isoladamente, contudo, como regra básica, deve-se definir os objetivos e trabalhar no sentido de alcançá-los dentro das condições que se dispõe.

Outro ponto importante é o emprego de avaliações objetivas de cor como métodos estimativos de certas determinações químicas trabalhosas e caras, como a análise de carotenóides, por exemplo. Neste caso, deve-se ajustar a forma de apresentação da amostra ao colorímetro às determinações químicas. Paralelamente procede-se às análises químicas de interesse e pela análise da regressão calculam-se os coeficientes de correlação entre as leituras da cor do produto e o componente químico. Encontrado o coeficiente de correlação desejado (maior que 0,90), pela equação de regressão pode-se estimar estes teores em amostras que foram submetidas a uma simples e rápida análise de cor. Como um exemplo, transcrevemos a seguir a equação de regressão com dados de cor no sistema Hunter para estimar dados de teor de carotenóides totais em suco de maracujá:

$$P_x = e(1,090337 + 0,128735L_H + 0,134944a_H - 0,230987b_H)$$

onde

P_x = quantidade de carotenóides totais na amostra x $\mu\text{g/ml}$.

$r = 0,97$

Agora que já abordamos os pontos inerentes ao desenvolvimento de metodologias, padrões, restam as perguntas: que equipamento utilizar? Que equipamento adquirir? De que marca?

Existe à disposição uma série de equipamentos desde os mais simples como um espectrofotômetro reduzido do tipo Agron, colorímetro de discos da Munsell, até os mais sofisticados como os espectrofotômetros COMCOR 1500 Plus da Macbeth Munsell e o Labscan da Hunter. Intermediariamente vamos encontrar os colorímetros de três estímulos de várias marcas. A decisão sobre a escolha vai depender do tipo de produto, do grau de sofisticação do controle aplicado, das condições financeiras da indústria. Contudo, é muito importante que se visitem os representantes dos colorímetros, que se analisem muito bem as facilidades que cada um oferece e o que é muito importante, como é o sistema de manutenção. Quando determinada marca de equipamento não oferecer programa de manutenção, com peças de reposição, assistência técnica adequada, isto é, que reúna rapidez e eficiência, deve-se avaliar seriamente a aquisição deste equipamento, uma vez que isso pode significar um equipamento em reparo durante meses, senão até um ano ou mais.

**II Seminário de Corantes Naturais para Alimentos
I Simpósio Internacional de Urucum**

Há também os equipamentos portáteis, como os da linha da Minolta que são facilmente levados até o campo ou outro lugar qualquer para leituras "in loco" da cor.

Para as linhas de processamento, podemos citar o Qual-Probe da Hunterlab.

Contudo, se a sua indústria não possuir condições financeiras para a aquisição de um sistema para medição de cor, você sempre poderá usar os olhos, selecionados com bom poder de discriminação de cor ou os serviços de firma especializada em realizar este tipo de análise.

www.ourucum.com.br