

Elaboração

Gastronomia molecular une a ciência à arte culinária

Marília Oetterer, Luciana Kimie Savay-da-Silva e Juliana Antunes Galvão*



MARILIA OETTERER

Combinado de sushis, sashimis, preparado em restaurante japonês; Piracicaba, SP 2012

Do ponto de vista gastronômico, o pescado é um ingrediente versátil que pode ser preparado em uma profusão de estilos: suculento, picante, salgado, aromatizado, entre outros. (Figura 1). Cabe ao chef de cozinha encontrar os atributos adequados ao preparo de cada tipo de pescado, aperfeiçoando seu sabor com métodos precisos de cocção e temperos na medida necessária. O estudo da gastronomia molecular permite unir ciência à arte culinária, tornando mais precisas e elaboradas as diversas formas de trabalhar o pescado, elucidando reações químicas e processos físicos, acompanhando avaliações sensoriais e, ainda, adaptando ou desenvolvendo equipamentos que

facilitam a criação de novos atributos para os alimentos. Nesse contexto, devem ser estudadas a anatomia, a estrutura e composição do pescado.

TECIDO ÓSSEO

O esqueleto de um peixe é formado por ossos, cartilagem, espinhos duros, espinhos flexíveis, nadadeiras, escamas e dentes, variáveis conforme cada espécie. A coluna vertebral é composta por vértebras, e cada vértebra tem um espinho neural e dois pleurais. Algumas espécies têm espinhos não articulados, que são ossos intramusculares inseridos no tecido muscular. Esta característica pode ser responsável pelo consumo menor de pescado em relação

às outras carnes. Há, no entanto, possibilidade de retirada manual dos espinhos com pinças, desde que o pescado tenha tamanho maior e haja rendimento nessa manipulação.

ESTRUTURA E COMPOSIÇÃO DO MÚSCULO

Há duas formas de estrutura muscular em peixes: uma de maior quantidade percorrendo o tronco, de cor clara, organizada ao longo da coluna vertebral de maneira simétrica; outra forma é a constituída por músculo escuro, somático, com estrutura fibrosa própria para contrair ou relaxar na função locomotora, composto por fibras musculares e tecido conectivo

FIGURA 1 | FILÉ DE MERLUZA SEM PELE; URUGUAI, 2002



apresentando cor entre o avermelhado e o marrom, devido à presença de mioglobina. As fibras musculares estão arranjadas em camadas paralelas, embebidas em folhas de tecido conectivo, denominadas miômeros. Estas têm a forma de W e se distribuem desde a superfície até a coluna vertebral, com maior inclinação

conforme a classe do peixe. Os miotomas são formados por agrupamentos de fibras musculares que formam feixes separados pelo miosepta.

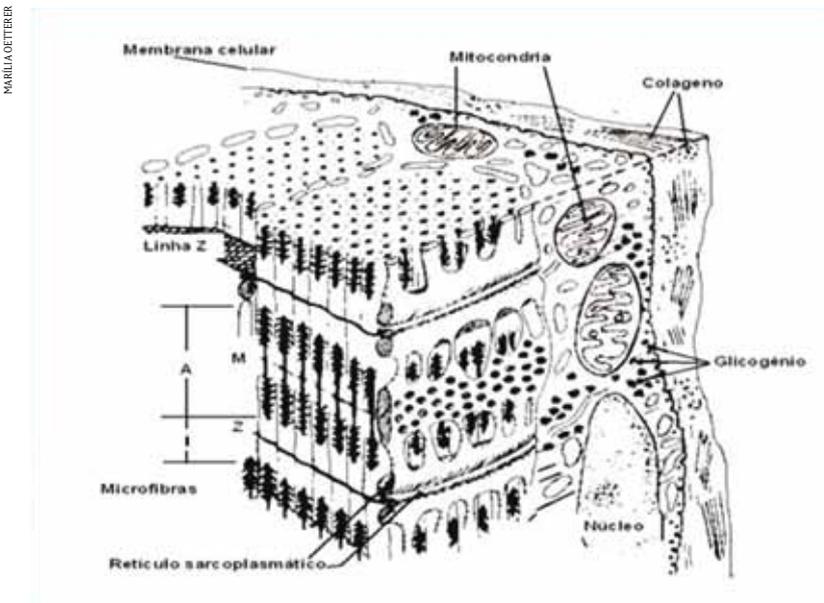
O tecido conjuntivo do miosepta é constituído de colágeno que, na cocção, se transforma em gelatina, desaparecendo a ligação entre os segmentos. A

fibra muscular (ou célula muscular) é o elemento-base do músculo, em forma de cilindro forrado externamente pelo endomísio. Sob o endomísio, há uma camada de fibras reticuladas que precede a membrana celular chamada de sarcolema, elemento ativo das funções celulares que regula a entrada de nutrientes, a saída de resíduos catabólicos e está envolvido na contração muscular. O sarcolema é formado por quatro ou mais subcamadas, das quais a última é a membrana plasmática. O sarcolema é composto por proteínas (67%), lipídeos (16%) polissacarídeos, nucleotídeos e minerais (17%).

O miolo do cilindro contém as proteínas miosina, actina, tropomiosina e troponina, que estão organizadas em filamentos finos e grossos formando pacotes chamados miofilamentos, dispostos longitudinalmente ao eixo da fibra e não contínuos, interceptados regularmente por divisórias que formam segmentos chamados sarcômeros. A divisória é uma estrutura densa, a faixa Z (Figura 2) que une os sarcômeros entre si e os conecta à membrana externa (sarcolema). Os espaços são preenchidos pelo sarcoplasma; o retículo sarcoplasmático abriga as proteínas ligantes de íons, o cálcio, as ATPases e os fosfolipídeos.

O atum deve sua cor à mioglobina do músculo (esta, aliás, auxilia na estocagem de oxigênio, garantindo sua alta velocidade) que, no processo de cocção, sofre desnaturação e se torna marrom. Por sua vez, o salmão deve sua cor à astaxantina, pigmento carotenóide distribuído no músculo. O pescado contém cerca de 3% de tecido conectivo apenas, proporção muito menor do que a que ocorre nos tecidos das carnes vermelhas. Este fato, associado à grande quantidade de umidade existente no tecido muscular, torna o pescado tenro, não necessitando sofrer cocção intensa e, assim, manter íntegros seus nutrientes.

FIGURA 2 | CORTE CELULAR EM PESCADO; 2006



NUTRIENTES

As proteínas estruturais actina e miosina compõem 2/3 do total das proteínas do músculo de um pescado, que contém to-

FIGURA 3 | FILÉ DE MERLUZA COM PELE; URUGUAI, 2002



dos aminoácidos essenciais e, portanto, apresentam alta digestibilidade, além de alto valor biológico. A quantidade de proteína varia entre espécies na faixa de 12% a 23%. O pescado possui uma relação proteico-calórica ideal. A fração lipídica, variável de 2% a 20%, conforme a espécie e a época do ano, é composta por ácidos graxos de cadeia longa, com alta instauração, possuindo ligação do tipo 3, bem como a relação $3/6 > 2$, característica das espécies habitantes de águas mais frias e profundas, devido à necessidade de se manterem fluidas a 0 °C.

A alimentação fitoplanctônica concentra ácidos graxos como o EPA – eicosa-pentaenoico e o DHA – docosaexaenoico. A maioria das espécies não apresenta colesterol, à exceção do camarão. O iodo presente no pescado marinho é um elemento pouco encontrado nos demais alimentos usualmente consumidos. Por isso, o pescado é um alimento sempre recomendado em dietas de emagrecimento, sem restrições em todos os países do mundo (Figura 3).

COZÇÃO

A cocção (cozimento) dos alimentos deve, em geral, modificar sua textura, desenvolvendo *flavour* e destruindo microrganismos. Na cocção do pescado, há perda de peso. A porcentagem de perda de sais solúveis é variável, conforme a perda de água. A cocção do pescado é bem mais rápida do que a das carnes vermelhas

devido à pequena quantidade de tecido conectivo. A carne de pescado é mais suscetível ao aquecimento pelo vapor do que as demais. Aquecida a 60 °C a carne de pescado já sofre ruptura das fibras musculares. O colágeno do pescado contém menor proporção de hidroxiprolina do que as carnes vermelhas; tão logo é aquecido, o colágeno, presente no miotoma, é solubilizado e se degrada a gelatina. Os miômeros (camadas de fibras musculares) se separam rapidamente e surgem flocos (coágulos) no peixe cozido. A perda da translucidez caracteriza a cocção.

Por isso, os peixes não podem ser cozidos excessivamente; a fragilidade pode ser notada quando a carne do peixe cozido se parte apenas com pequena manipulação. As ostras devem ser cozidas apenas para abrirem suas conchas; se a cocção se prolongar, ficam “borrachentas”; ou seja, a proteína floculará e prevalecerá esta situação, uma vez que o colágeno presente em pouca quantidade rapidamente se transforma em gelatina (ou seja, a ostra estará cozida). Lagostas cozidas têm melhor cor porque há desnaturação dos pigmentos carotenoides verdes complexados às

proteínas, com liberação do pigmento rosado da astaxantina. Situação semelhante ocorre com o camarão. Fervura e vapor rápidos, bem como a fritura, alteram pouco o valor nutritivo, pois funcionam como choques térmicos. Pratos importantes na culinária espanhola e brasileira, tais como a *paella* e a caldeirada, são preparados com o pescado submetido à cocção.

ASSAMENTO

O assamento propicia coloração (Figura 4) e aroma desejáveis. As carnes assadas podem sofrer a reação de *Maillard*, que ocorre entre o grupamento amina do aminoácido e o grupamento carbonila (CO), proveniente da fração lipídica. De início, há a complexação desses grupamentos, seguida da degradação de Strecker e liberação de CO², com aparecimento do aroma. As reações, em cascata, com grupamentos altamente reativos, caracterizam o esquema de Amadori. Os fosfolipídeos (ácidos graxos ligados a um grupo hidrossolúvel) reagem com compostos de Amadori formados na primeira etapa da reação, que oxidam e entram nas reações pela sua parte hidrossolúvel.

FIGURA 4 | ANÁLISE DE COR COM USO DE COLORÍMETRO; 2009



MARILIA OTTEBER

FIGURA 5 | PESCADO EM POSTAS ASSADO; CANADÁ, 1981

FRESHWATER FISH MARKETING CORPORATION



Muitos compostos formados são responsáveis pela cor do pescado assado. O assamento do pescado é, também, mais rápido do que o de outras carnes. Geralmente, à temperatura de forno de cerca de 200 °C o pescado requer, aproximadamente, 25 minutos para atingir temperatura interna de 75 °C. Devido à elevada atividade de água na carne, bem como à facilidade para exsudação em uma preparação culinária, recomenda-se a cobertura com papel de alumínio e retirada deste nos últimos cinco minutos. O pescado congelado deve ser descongelado sob refrigeração e levado ao forno ainda refrigerado, não necessitando atingir temperatura ambiente para iniciar o assamento.

O assamento é o método empregado pela culinária portuguesa para o preparo do bacalhau, sendo bem difundido também na culinária brasileira para a elaboração de várias espécies de pratos com pescada, badejo, robalo, garoupa, cherne, truta, namorado e linguado, entre outros. São utilizados ingredientes como alcaparras, limão, vinho branco, cerveja, castanhas, manteiga, pimenta, sal, alho, cebola, além de temperos prontos, entre outros (Figura 5).

MICRO-ONDAS

As micro-ondas atravessam espessuras de materiais, cedendo parte de sua energia na forma de calor. O efeito depende de moléculas polarizadas como as de água, que são eletricamente neutras, mas portadoras de cargas arranjadas simetricamente. As micro-ondas fazem com que moléculas polarizadas sofram rotação ou oscilem; a fricção no interior do material converte essa energia cinética em calor. A carne submetida ao forno de micro-ondas aquece uniformemente, devido às moléculas de água; é um método mais rápido e mais eficiente em consumo energético. No forno de micro-ondas, não ocorre reação de *Maillard*, pois o aquecimento pela vibração de moléculas não permite que os radicais reativos se encontrem e tenham tempo de reagir; falta a energia de ativação para as reações se iniciarem.

RANCIDEZ

Alterações indesejáveis no aroma e no sabor do pescado podem ocorrer devido ao ranço, que por sua vez decorre do fato de o pescado congelado não ter sido submetido a glazeamento ou não estar

embalado adequadamente na câmara fria. O ranço pode ocorrer em pescado estocado por longo tempo no frio, congelado, e em pescado salgado-seco. Peixes gordurosos estocam lipídeo subcutâneo e no músculo; o *flavour* é alterado pela rancidez oxidativa nos ácidos graxos polinsaturados EPA – eicosapentaenóico e DHA – docosahexaenóico, com formação de hidroperóxidos, que são instáveis e se quebram em formas voláteis, originando o *off flavour*.

Há procedimentos que podem minimizar a velocidade da rancidez, como o abaixamento da temperatura de estocagem, o controle da oxidação por adição de antioxidantes ou a redução do oxigênio pelo glazeamento, por embalagem a vácuo ou em atmosfera modificada. A adição de antioxidantes como o tocoferol, os polifenóis, o ácido ascórbico e o ácido cítrico pode aumentar o *shelf life* ou vida útil. 

* **Marília Oetterer** é professora titular do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, USP/ESALQ (mariliaoetterer@usp.br); **Luciana Kimie Savay-da-Silva** é técnica do Laboratório de Pescado do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, USP/ESALQ (kimie@usp.br); **Juliana Antunes Galvão** é especialista do Departamento de Agroindústria Alimentos e Nutrição, USP/ESALQ (jugalvao@usp.br).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MCGEE, H.; *On Food and Cooking: The Science and Lore of the Kitchen*. Scribner: New York, 2004. ISBN 0-684-80001-2.
- OETTERER, M.; Proteínas do pescado – processamentos com intervenção na fração proteica. In: OETTERER, M; REGITANO D'ARCE, M.A.B.; SPOTTO, M. H.; *Fundamentos de Ciência e Tecnologia de Alimentos*. Barueri, SP: Editora Manole, p. 99-134, 2006.
- RAMSAY, G.; *Passion for seafood*. São Paulo: Larousse do Brasil, 2008, 224p.
- THIS, H. *Molecular Gastronomy*. Columbia University Press, New York, 2006.
- TRAVAGIN, L.G.; VIEIRA, A.F.; VASCONCELOS, J.S.; NEGRI, R.B.; CALIL, M.F.A.; SAVAY-DA-SILVA, L.K.; GALVÃO, J.A.; OETTERER, M.; *Gastronomia Molecular*. Getep: USP/ESALQ, jan, 2010; 26p.