

Resum

Aquesta tesi doctoral se centra en l'estudi de l'estructura i les propietats físiques i sensorials de bescuits i galetes en què el greix s'ha reemplaçat per inulina i el sucre per oligofructosa, amb la finalitat de reformular els productes fornejats per a reduir significativament el contingut d'aquests ingredients i aconseguir així aliments més saludables.

La caracterització de l'estructura de la massa s'ha dut a terme mitjançant tècniques de microscòpia confocal làser d'escombratge i microscòpia òptica, a través de les quals s'hi ha apreciat que la massa és una matriu lipoproteica, formada per proteïna i greix procedents principalment de la farina i l'ou. En aquesta matriu, els grànuls de midó, l'oli en forma de glòbuls i les bombolles d'aire s'hi troben dispersos. S'ha observat que l'oli posseeix una funcionalitat complexa en aquests sistemes, ja que aporta viscositat, la qual cosa augmenta l'estabilitat de la fase aire en la massa; actua en la interfase de les bombolles, i millora l'estabilitat i la retenció de la fase aire durant la fornejada. A més, s'hi distribueix i lubrica els components de la molla, de manera que influeix en l'estructura, la textura i la palatabilitat del bescuit final. La substitució de l'oli en els bescuits s'ha dut a terme amb una inulina nativa i component aquós extra. Aquest reemplaçament ha ocasionat una disminució significativa de la viscositat de la massa, fet que ha donat lloc a l'oclusió de bombolles de dimensions majors i més heterogènies. Durant la fornejada, la menor estabilitat de la fase gas en aquest tipus de masses s'ha traduït en la pèrdua de part de les bombolles, en una expansió més limitada i, per tant, en l'obtenció de bescuits amb menys alvèols i interconnexions alveolars, i menor altura. A major reemplaçament de greix per inulina, els bescuits mostren major duresa i menor elasticitat, a causa de l'estructura de molla compacta i poc lubricada. S'hi han obtingut resultats satisfactoris reemplaçant fins al 70% del greix, sense obtenir diferències significatives en l'acceptabilitat sensorial per part dels consumidors.

El reemplaçament de sucre per oligofructosa ha afectat el mecanisme de solidificació de la massa. El sucre retarda les temperatures de gelatinització del midó i desnaturalització de proteïnes. En reduir-ne el contingut, aquests processos s'avancen i fins i tot poden donar-se de forma successiva i afectar significativament la formació de l'estructura sòlida del bescuit. Les masses amb reemplaçament de sucre han mostrat una viscositat aparent menor i un major nombre de bombolles ocloses. Durant la fornejada s'ha observat una lleugera expansió de les bombolles. Els bescuits amb

oligofructosa s'han caracteritzat per posseir baixa altura i una molla formada per pocs alvèols i de petites dimensions. Aquests bescuits han mostrat duresa i elasticitat baixes. Els canvis en el procés de solidificació de la massa han donat lloc a bescuits més compactes però més blans. Amb un reemplaçament de fins al 30% de sucre, s'han obtingut bescuits amb una acceptabilitat general similar a la del bescuit control. Quan s'ha reemplaçat de manera simultània el greix i el sucre, la viscositat aparent de les masses ha disminuït significativament i l'expansió de les bombolles durant la fornejada ha sigut major. Els bescuits resultants han mostrat una estructura alveolar més oberta i heterogènia. La textura d'aquests s'ha vist influenciada sobretot pel reemplaçament de sucre, i així s'han obtingut bescuits de baixa elasticitat. Els bescuits amb un reemplaçament simultani del 50% de greix i el 30% de sucre han rebut una acceptabilitat general una mica menor al control, però semblant als bescuits amb reemplaçament senzill de greix (50%) o sucre (30%). En general, els consumidors han valorat que l'esponjositat i la dolçor d'aquests bescuits hauria de millorar-se per aconseguir una major acceptabilitat d'aquests productes.

El mètode de mescla més emprat en la indústria per a l'elaboració de bescuits consisteix en un sol pas en el qual tots els ingredients es baten alhora. Amb l'objectiu d'escalar la nostra formulació a planta pilot, s'ha aconseguit reemplaçar un mètode de mescla format per múltiples fases pel mètode d'una fase sense alterar les propietats físiques i estructurals dels bescuits.

Per a millorar l'aparença i l'estructura alveolar dels bescuits amb un contingut reduït en greix (50% i 70% de reemplaçament de greix), s'han avaluat els efectes de la incorporació d'un enzim lipasa i un emulsionant comercial sobre les propietats físiques i estructurals d'aquests. Els millors resultats sobre l'estructura de la molla s'han obtingut amb 0,03% de lipasa i 0,5% d'emulsionant. Cada millorant ha exercit un efecte diferent sobre l'estructura de la massa; les masses amb lipasa han mostrat una menor estructuració que les masses control. La incorporació d'emulsionant ha disminuït significativament la densitat relativa de les masses. No obstant això, durant la fornejada, concentracions d'emulsionant majors a 0,5% han donat lloc a un descens de la viscositat complexa de la massa, l'estructura de la qual no ha sigut capaç de retenir les bombolles que han expansionat en aquesta fase, i això ha donat lloc a bescuits col·lapsats. Les anàlisis de calorimetria diferencial d'escombratge han mostrat

que la formulació amb majors valors en els paràmetres tèrmics ha sigut la formulació control, que ha donat lloc als bescuits de major volum. L'addició dels millorants ha disminuït els valors dels paràmetres tèrmics. Encara que el volum dels bescuits amb 0,003% de lipasa i 0,5% d'emulsionant ha sigut menor, l'estructura alveolar d'aquests presenta una aparença més homogènia i la duresa de la molla és similar a la del control. D'altra banda, encara que el reemplaçament de greix ha donat lloc a un augment de la duresa durant l'emmagatzematge, la incorporació de lipasa ha alentit l'increment del valor d'aquest paràmetre durant els 14 dies.

A través de microscòpia confocal làser d'escombratge i de microscòpia electrònica d'escombratge a baixes temperatures, s'ha observat l'estructura de la massa de galetes com una matriu contínua formada per sucre i proteïnes, en què els grànuls de midó es dispersen i el greix es localitza al voltant d'aquests i trenca la continuïtat de l'estructura. En reemplaçar part del greix per inulina, s'ha observat un augment de la duresa de les masses i les galetes, cosa que s'ha relacionat amb un augment de la hidratació dels components de la farina i una menor lubricació de l'estructura. Reemplaçaments de fins al 20% del greix han donat lloc a galetes amb una estructura i propietats texturals semblants al control. No obstant això, els consumidors sí que han identificat aquest producte com a lleugerament diferent al control en ser una mica més dur i més dolç.