

FLEXIBEL MATSMÄLTNING

AVGÖRANDE FÖR ÖVERLEVNADEN

Att äta effektivt och kunna smälta olika slags föda är avgörande för överlevnaden. Inte minst under vintern då många arter får byta både livsmiljö och typ av föda. Robert Ennerfelt benär ut flexibiliteten och de imponerande anpassningarna.

TEXT: ROBERT ENNERFELT

ROBERT.ENNERFELT@GOF.NU

DE FLESTA FÅGLAR lever ett mycket aktivt liv och har en hög ämnesomsättning. De behöver därför äta mycket och kunna bearbeta och ta upp näringen från födan effektivt. Olika arter har anpassat sitt matsmältningssystem på olika vis för att kunna ta hand om födan de äter på bästa sätt. Men all föda finns inte tillgänglig året runt; till exempel försvinner insekter på vintern. Dessutom byter många fåglar livsmiljö mellan sommaren och vintern. Många arter har därför förmåga att förändra sitt matsmältningssystem.

Som många säkert vet är näbben specifikt utformad för den föda fågeln äter (Elphick, 2014). Den består av lätta ben täckta av hudlager och ytterst keratin (Larsson, Larsson & Ekström, 2013). Smak- och känselceller i näbben hjälper fåglarna att hitta bra föda (Birkhead, 2010). Tungan hos fåglar är hårdare än vår och dess främsta uppgift är att få ned födan i svalget. Någon funktion i sångproduktionen har den inte. Smakceller är fåtaliga på tungan, men däremot finns många känselceller.

UTSEENDET PÅ TUNGAN varierar mellan olika arter och visar ofta anpassningar till den föda fågeln äter. Vissa fiskätande fåglar har till exempel utväxter på tungan för att deras byten inte ska kunna smita. Simänder har lameller på tungans sidor som används för att filtrera fram föda ut vattnet. En del fåglar använder sin tunga för att fånga födan. Hackspettar har till exempel tungan täckt i saliv i vilken myror och andra kryp fastnar medan kolibrier använder sin tunga för att få tag på nektar (Elphick, 2014). En tidigare teori var att tungan fungerade som ett tunt rör och att kapillärkraft drog

upp nektarn från blomman, men på senare tid har forskning visat att den teorin inte stämmer. Tungan kantas av lameller och spetsen är kluven. När den når vattenytan fälls lamellerna ut och spetsen delar sig. När den dras tillbaka fälls tungspetsarna ihop, lamellerna rullar ihop sig och nektar fångas därmed in och följer med upp. Även tungan hos döda fåglar ändrar form, vilket visar att det är fysikaliska krafter och inte muskelkraft som får tungan att ändra form (Rico-Guevara & Rubega, 2011).

FÖR ATT UNDERLÄTTA FLYGNINGEN har tänder (som gör fågeln framtung) selekterats bort under fåglarnas utveckling och födan sväljs därför mer eller mindre hel. Av denna anledning är matstrupen ofta förstorad och uttänjbar (Denbow, 1999), särskilt så hos skarvar (Elphick, 2014), vilket förklarar att de kan svälja stora fiskar. Krävan som finns hos många fåglar är en utvidgning av matstrupen där föda kan lagras. En kräva finns hos framför allt fröätare som hönsfåglar, duvor och finkar. Men även hos änder och vadare.

För duvor och flamingos har krävan även en annan funktion. Den ger ungarna deras första mål mat i livet i form av kräv mjölk. Kräv mjölken består av celler som stöts av från krävan. Dessa är rika på fett och mjölken innehåller även mycket proteiner, däremot saknas kolhydrater. Liksom hos däggdjuren är det hormonet prolaktin som stimulerar produktionen av mjölken. Både honan och hanen ger kräv mjölk. Fåglar som inte har kräva så som måsar, tärnor, seglare och ett par arter av finkar, (Larsson, Larsson & Ekström, 2013) kan lagra kräv mjölken i fickor i näbben (vissa finkar) (Elphick,

För att underlätta flygningen har tänder selekterats bort under fåglarnas utveckling



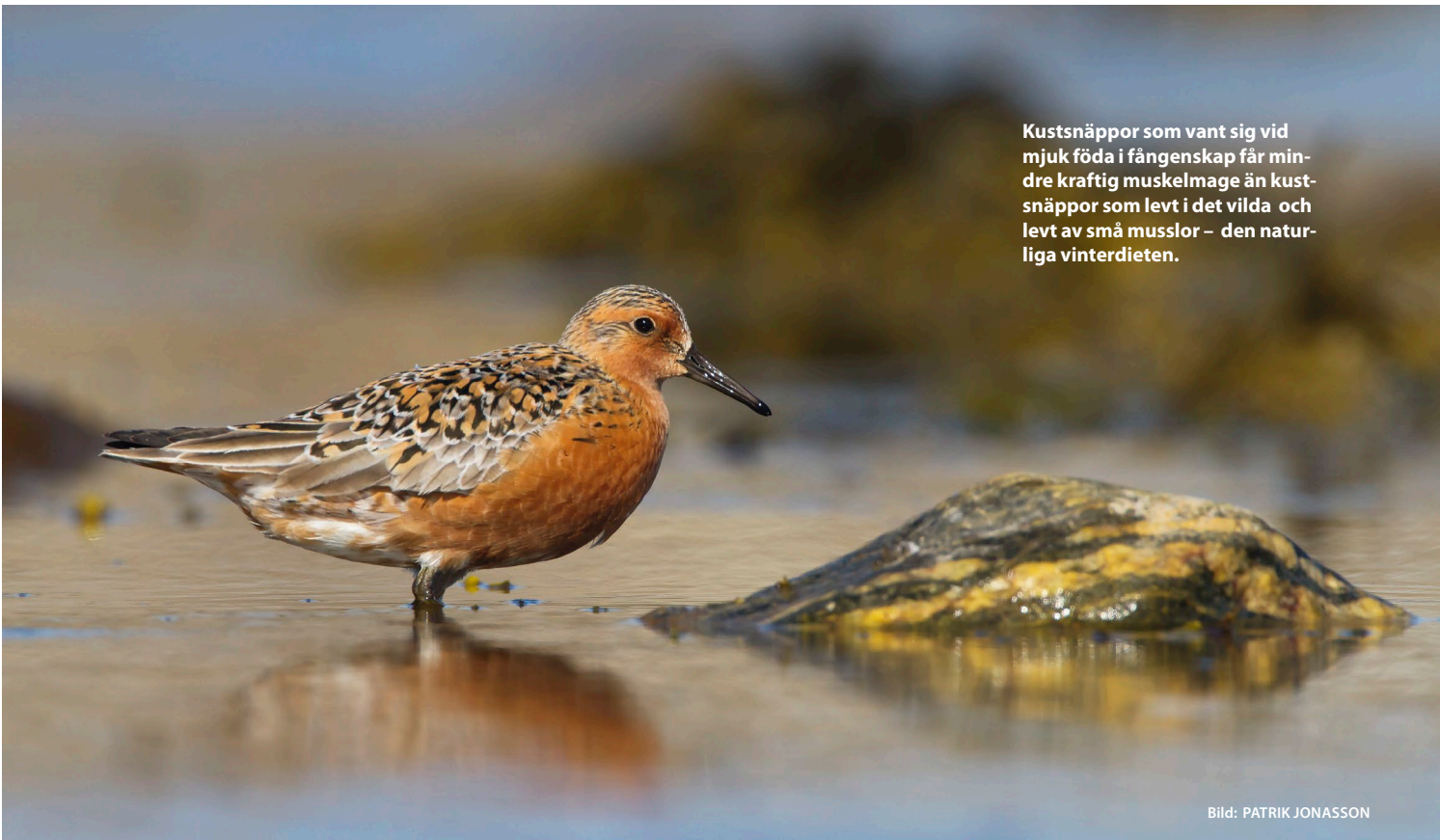
Bytesfiskar har svårt att smita från lunnefågelns kniptång till näbb. Även utväxter på tungan hjälper till att bärga fångsten.

Bild: PATRIK JONASSON

2014) eller i munbotten som hos tornseglare (Larsson, Larsson & Ekström, 2013). Hos de flesta fåglar sker ingen nedbrytning i krävan, men den sydamerikanska hoatzinen har här bakterier för att bryta ned bladen den äter (Stevens & Hume, 1998). Magen är uppdelad i två delar, en körtelmage och en muskelmage. Körtelmagen ligger först och utsöndrar enzymer som pepsin och saltsyra som hjälper till att bryta ned maten på kemisk väg. Hos lammgamen är syran extra stark för att kunna lösa upp de benfragment fågeln äter (Elphick 2014). Fåglar som äter kött eller fisk har överlag en mer utvecklad körtelmage än de som äter frön (Denbow, 1999). Den andra magen är muskelmagen och fyller den funktion tänderna har hos däggdjuren. Kraftiga muskler i kombination med muskelmagens hårda insida sönderdelar här födan så att enzymer från körtelmagen kan verka effektivt (Elphick, 2014). Fåglar som äter växter eller skaldjur har en extra kraftig muskelmage och äter inte sällan även grus eller småsten att mala födan med (Piersma m.fl. 1993).

Bland fåglararterna som har små och klena mus-

kelmagar finner man många frukt- och insektsätare. Däribland den svarta silkesflugsnapparen som lever i Nordamerika. Under vintern utgörs födan till största delen av mistelbär. Tvärtemot vad man kanske tror är inte bären helt enkla att smälta för fåglar. Ett segt skal döljer det saftiga fruktköttet. Silkesflugsnapparen har löst detta problem på ett unikt sätt. När bäret som lagrats i krävan kommer in i muskelmagen hamnar den i ett område mellan öppningen till körtelmagen och tarmarna. Den här delen av muskelmagen är bara lite större än bäret och när musklerna klämmer på det glider skalet, tack vare den klibbiga struktur som finns i mistelbäret, av fruktköttet som fortsätter ned i tarmarna. Skalet lagras i en annan del av muskelmagen. Denna process genomgår drygt tio bär innan även skalen transporteras ned i tarmarna. Genom att separera skal och fruktkött på detta sätt utnyttjas näringen i bären mer effektivt (Walsberg, 1975 och Walsberg & Thompson 1990). Arbetet med att mala sönder födan gör att det skyddande lagret av koilin på muskelmagens insida slits och hos vissa änder stöts den därför av och förnyas regelbundet.



Kustsnäppor som vant sig vid mjuk föda i fångenskap får mindre kraftig muskelt mage än kustsnäppor som levt i det vilda och levt av små musslor – den naturliga vinterdieten.

Bild: PATRIK JONASSON

”
Göken stöter av innersta lagret på sin muskelt mage för att få bort hår från fjärilslarver som fastnat

Även göken stöter av det innersta lagret på sin muskelt mage, men i det fallet är det för att få bort hår från fjärilslarver som fastnar där (McAtee, 1917, Elphick, 2014). Andra fåglar lagar istället slitaget genom att bilda nytt koilin (Denbow, 1999). När muskemagen malt födan en stund pressas den åter upp till körtelmagen vars enzymer nu har större yta att verka på (Avian Biology). Det som ändå inte kan brytas ned tillräckligt kommer upp igen i form av spybollar (Elphick, 2014).

I TARMARNA SKER DEN sista nedbrytningen av födan och upptaget av näring. Hos växtätare, är tarmarna ofta långa för att all föda ska kunna brytas ned (Avian biology). Även fisk- och fröätare har långa tarmar, medan rovfåglar och insektsätare har kortare tarmar (Denbow, 1999). Tjocktarmens främsta uppgift är att ta upp vattnet. Från tjocktarmen går det ut blindtarmar. Hos många fåglar som äter frön eller föda rik på fibrer eller kitin är blindtarmarna välutvecklade och innehåller mikroorganismer som hjälper till att bryta ned födan (Avian Biology) och (Stevens & Hume, 1998). Däremot saknas de hos bland annat papegojor och seglare (Denbow, 1999). Hos skogshöns har blindtarmarna bakterier för att kunna bryta ned cellulosan i barr (Suomalainen & Arhimo, 1945). Hos andra fågelgrupper som tättingar och storkfåglar är den främsta upp-

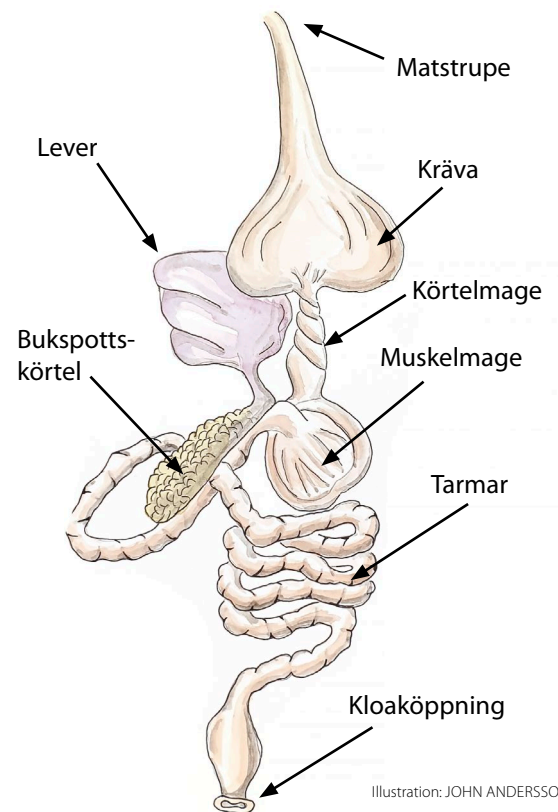


Illustration: JOHN ANDERSSON

giften för blindtarmarna att producera antikroppar (Avian biology).

I kloaken som är uppdelad i tre delar blandas resterna från matsmältningen med urin och rester från reproduktionsorganen. I den sista kammaren finns ett viktigt organ för immunförsvaret, bursa of Fabricius som producerar B-celler (Avian Biology).

Två andra organ som inte är en del av själva matsmältningsskanalen men ändå är viktiga för matsmältningen är bukspottskörteln och levern. Bukspottskörteln producerar bukspott som innehåller många enzymer som bryter ned ämnen. Vätskan neutraliserar dessutom syran som kommer från magsäcken. Från levern kommer galla vilket hjälper till att sönderdelar fett (Avian Biology).

MATSMÄLTNINGSSYSTEMET ÄR ALLTSÅ VÄL anpassat till den föda som fågeln äter, men det måste också vara flexibelt. Många arter äter olika slags föda under sommaren och vintern och matsmältningssystemet måste klara av båda dieterna. Vadare är en grupp som studerats mycket i detta avseende och i synnerhet kustsnäppan. Experiment har där visat att kustsnäppor som vant sig vid en mjuk föda i fångenskap hade en lättare och mindre kraftig muskeltmage än de som levt i det vilda där de hade ätit den naturliga vinterdieten, små musslor. Magens utseende påverkade i sin tur vilken föda de föredrog att äta. Kustsnäpporna som hade ätit lättsmält föda behövde några dagar på sig för att börja äta de musslor som är den naturliga dieten (Piersma m.fl. 1993). Senare studier har dessutom visat att förändringen är reversibel och att en kustsnäppa som anpassat sig till att äta hårda musslor kan anpassa sig till att äta lättsmält föda och vice versa (Dekinga m.fl. 2001).

FÖRÄNDRINGAR AV MATSMÄLTNINGSGRANEN i samband med ändrat födoval sker även hos hönsfåglar vilket flera studier visar. Granjärpen växlar till exempel mellan att äta bär och barr, under sommaren respektive vintern. Barr är såklart mer svårsmälta än bär och därför visar sig tjocktarmen, muskeltmagen och bukspottskörteln, på skjutna fåglar, vara större under vintern än under sommaren. I samma studie gjordes dessutom ett experiment på burhållna fåglar som bara fick äta lättsmält föda. Hos dessa såg man inte de förändringar man såg hos de vilda fåglarna. (Pendergast & Boag, 1973).

Även hos den kaliforniska tofsvakteln ökar matsmältningssystemet i storlek på vintern när en frödiet byts mot en diet på gröna växtdelar. Till exempel växer tunntarmen med 10 cm i längd och längden på tarmluddet i ökar vilket ger en större yta som näring kan tas upp över (Lewin, 1963). Förändringarna som beskrivs ovan sker över en tidsperiod på några månader, men förändringar kan gå betydligt snabbare. I en experimentell studie av den ja-

panska vakteln visade man att en förändring av muskeltmagens storlek, för att hantera en ökad mängd fibrer, kan ske på bara några dagar. I studien tittade man även på körtelmagens storlek, men kunde inte se att den ändrades nämnvärt. Det antas bero antingen på att den inte behöver tillväxa (öka sin aktivitet) eller på att den inte kan tillväxa på samma sätt som muskeltmagen (Starck, 1999). Tidigare studier på den japanska vakteln (Savory & Gentle, 1976) har även visat att längden på tarmarna ökar med mer fibrer i födan och att förändringen kan gå i båda riktningarna (växer med mer fibrer i födan, minskar med mindre fibrer i födan).

Även hos arter som växlar mellan olika former av tillsynes lättsmält föda sker förändringar av matsmältningssystemet. Den svarta silkesflugsnäppan som nämndes tidigare hör till dessa arter. Vinterns mistelbär byts under sommaren ut en mer varierad diet som både inkluderar olika sorters bär och insekter. På undersökta fåglar har man funnit att magen under sommaren är dubbelt så stor som under vintern och att den även innehåller flera bär samtidigt. Förklaringen tros vara att bären som äts under sommaren saknar mistelbärens klubbiga struktur och de riskerar därför inte att klibba ihop i varandra (Walsberg & Thompson, 1990).

EN ANNAN TÄTTING DÄR man ser förändringar av matsmältningssystemet i samband med att födoval ändras är hos skäggesen. Under sommaren livnär den sig på insekter medan den på vintern nästan



Studier av japansk vaktel visar att längden på tarmarna ökar med mer fibrer i födan.



Svarthättans spannvärd i födoval - från insekter till bär - ställer krav på tånjbar matsmältning.

Bild: LEIF JONASSON

uteslutande livnär sig på vassfrön. Fröna är svårsmälta och skäggmesen har anpassat sig genom att muskelmagen tillväxer, blir starkare och dessutom bildas förhårdnader för att lättare krossa fröna. Som hos flera andra fröätare hjälper även småsten till i matsmältningen (Spitzer, 1972).

INTE BARA STORLEKEN PÅ organen i matsmältningssystemet påverkar hur bra en fågel bryter ned födan, det gör även mängden av olika enzymer som kan bryta ned exempelvis protein och kolhydrater. Från bukspottskörteln kommer flera olika enzymer bland annat amylas som bryter ned kolhydrater och chymotrypsin och trypsin som bryter ned protein. Hur aktiviteten/mängden av dessa enzymer förändras vid ett byte av diet undersöktes hos myrtenkogsångare. Forskarna antog att hos fåglar som åt en diet rik på protein skulle ha högre aktivitet på enzymer som bröt ned protein (trypsin och chymotrypsin) och att fåglar som fick en växtbaserad diet skulle ha högre aktivitet av enzymer som bryter ned kolhydrater såsom amylas. Resultaten visade att aktiviteten av enzymerna tvärtom förväntningarna inte påverkades av dieterna med undantag av trypsin vars aktivitet ökade hos de fåglar som åt en diet rik på frön. Att enzymaktiviteten inte ökar skulle kunna innebära begränsningar av hur bra skogssångaren kan bryta ned olika typer av föda (Ciminari m.fl. 2001).

UNDERSÖKNINGAR AV ENZYMER i matsmältningssystemet har även gjorts hos tundra-snäppan under flyttningen. I studien undersöktes aktiviteten hos kitinas, lipas, amylas, maltas och aminopeptidas. Kitinas utsöndras från körtelmagen och bryter ned kitin (finns i leddjurens hudskelett). Lipas bryter ned fett, maltas kolhydrater (maltos) och aminopeptidas oligopeptider (proteinfragment). Lipaset frisätts i bukspottskörteln och aminopeptidas utsöndras från körtlar i tunntarmen. Resultaten i studien visar att enzymaktiviteten varierade under vår och höst, bland annat var aktiviteten hos lipas och maltas högre under vårflyttningen än under hösten. Även hos aminopeptidas var aktiviteten högre under våren än under hösten, medan aktiviteten hos amylas var lägre under vårflyttningen än

under hösten. Skillnaden tros bero på att dieten skiljer sig mellan vår och höst. I studien jämfördes även unga och vuxna fåglar under hösten och där visade sig matsmältningssystemet vara större hos ungfåglar än hos vuxna fåglar, även sammansättningen skiljde sig mellan de två åldersgrupperna. Unga fåglar hade en mindre muskelmage och en större tunntarm än de vuxna. Enzym-aktiviteten var däremot lägre hos de unga fåglarna jämfört med de vuxna. Framför allt var aktiviteten hos kitinas och lipas lägre än hos de vuxna (Stein m.fl. 2005).

YTTERLIGARE EN GRUPP AV fåglar där man sett förändringar av matsmältningssystemets storlek är hos andfåglar. En studie på tama gräsänder visade att de fåglar som fick mest fiber i sin mat hade störst matsmältningssystem. Storleken på matsmältningssystemet var överlag lika stor hos de som fick en diet med mycket kött, de som fick en diet med både kött och växter och de som fick en växtbaserad diet med låg fiberhalt (frön), men hos de sistnämnda var muskelmagen större. Förändringarna skedde snabbt och redan efter 10 dagar hade den maximala vikten på matsmältningssystemet uppnåtts (Kehoe m.fl. 1988).

Förändringar av matsmältningssystemets storlek beror inte bara på att dieten varierar. Hos snögåsen minskar bukspottskörteln, levern, muskelmagen och tunntarmen i storlek under häckningen. Samtidigt minskar också födointaget och troligen förklarar det varför matsmältningssystemet minskar i storlek. De behövs helt enkelt inte användas så mycket, dessutom kan nedbrytningen av vissa organ möjligen ge näring till fågeln (Ankney, 1977). Även hos ejdern varierar muskelmagen i storlek över året. En dansk studie på skjutna fåglar visade att hos honor ökade den i storlek under vår-

vintern vilket möjliggjorde att de kunde äta både fler och större blåmusslor. Därigenom kunde reserverna byggas upp inför ruvningen då ingen föda intas. Man fann även att ejdrar med små muskelmagar i större utsträckning än andra ätit krabbor



Om vintern tvingas skäggmesar övergå från insekts- till frödiet, en utmaning för matsmältningen.

Bild: BJÖRN DELLMING



Skäggmesar får lita till svårsmälta vassfrön under vintern. Tillväxt av förhårdnader i muskelmagen gör det lättare krossa fröna.



Hos frätande finkar som bändelkorsnäbb bidrar blindtarmarna med mikroorganismer som hjälper till att bryta ned födan.

Bild: PATRIK JONASSON

snarare än blåmusslor. Dessa fåglar hade mindre kroppsstorlek och enligt andra studier (Thompson, 1985) drabbas de i större utsträckning av parasiter. Minskningen av muskelmagen under själva ruvningen innebär både att en proteinresurs utnyttjas samt att mindre resurser går åt till att hålla liv i muskelmagen i sig (Laursen & Möller, 2016).

Hos skedanden fann Akney och Dafton (1988) att levern hos honan ökade i vikt under äggläggningsfasen och att muskelmagen minskade i storlek under samma period. Hos hanar såg man inte den här förändringen. Även hos brudanden har man funnit att levern ökar i vikt under häckningen. Förändringen är hos den arten större, vilket tros bero på en förändring i födans sammansättning där andelen djur i födan ökar vid häckningen (Drobney, 1984).

Inte bara matsmältningsorganen utan även näbben kan variera i storlek hos en och samma individ. En studie på talgoxar i Storbritannien fann att storleken på näbben och framför allt näbbblängden varierade mellan sommaren och vintern. Skillnaden är troligen en anpassning till att dieten ändras under året. Experiment visade nämligen att fåglar med smalare näbbar bättre hanterade mjölmaskar än de med tjock näbb. Dessa hanterade i sin tur björkfrön bättre (Gosler, 1987). 🌱

De viktigaste referenserna:

Ciminari, M. E., Afik, D., Karasov, W. H., & Caveides-Vidal, E. (2001). Is Diet-shifting Facilitated by Modulation of Pancreatic Enzymes? Test of an Adaptational Hypothesis in Yellow-rumped Warblers. *AUK*, 118(4), 1101-1107. https://www.researchgate.net/profile/Eugenia_Ciminari2/publication/232664243_Is_Diet-Shifting_Facilitated_by_Modulation_of_Pancreatic_Enzymes_Test_of_an_Adaptational_Hypothesis_in_Yellow-Rumped_Warblers/links/0046351c4cb13b3d1d000000.pdf

Dekinga, A., Dietz, M.W., Koolhaas, A. & Piersma, T. (2001). Time course and reversibility of changes in the gizzard of red knots alternately eating hard and soft food. *J. Exp. Biol.*, 204, 2167-2173. <https://jeb.biologists.org/content/jeb-bio/204/12/2167.full.pdf>

Gary Ritchison's Avian Biology. <http://people.eku.edu/ritchison/birddigestion.html>

Pendergast, B.A., & Boag, D.A. (1973). Seasonal changes in the internal anatomy of spruce grouse in Alberta. *AUK*, 90(2), 307-317. <https://sora.unm.edu/sites/default/files/journals/auk/v090n02/p0307-p0317.pdf>

Piersma, T., Koolhaas, A., & Dekinga, A. (1993). Interaction between stomach structure and diet choice in shorebirds. *AUK*, 110(3), 552-564. <https://sora.unm.edu/sites/default/files/journals/auk/v110n03/p0552-p0564.pdf>

Fullständig källförteckning finns på www.gof.nu



Inte bara matsmältningsorganen utan även näbben kan variera i storlek – hos en och samma individ