



Sveriges lantbruksuniversitet  
Fakulteten för naturresurser och lantbruksvetenskap  
Institutionen för Livsmedelsvetenskap  
Avdelning: Livsmedelskemi

## **Järnberikning av mjöl**

– exemplifierat med Egypten och Iran

*Av: Matilda Johansson*

Engelsk titel: Flour fortification with iron

- exemplified with Egypt and Iran

Självständigt arbete • 15 hp • Grundnivå  
Agronomprogrammet livsmedel  
Uppsala 2010

## Järnberikning av mjöl

– exemplifierat med Egypten och Iran

**Flour fortification with iron**  
- exemplified with Egypt and Iran

*Matilda Johansson*

**Handledare:** Cornelia Witthöft, Livsmedelskemi; Sveriges lantbruksuniversitet,  
Institutionen för Livsmedelsvetenskap

**Examinator:** Lena Dimberg m.fl.

**Omfattning:** 15 hp

**Nivå och fördjupning:** Grund C, G2E

**Kurstitel:** Självständigt arbete i livsmedelsvetenskap

**Kurskod:** EX0426

**Program/utbildning:** Agronom - livsmedel

**Utgivningsort:** Uppsala

**Utgivningsår:** 2010

**Elektronisk publicering:** <http://stud.epsilon.slu.se>

**Nyckelord:** Järnberikning, anemi, hemoglobin, Egypten, Iran



Sveriges lantbruksuniversitet  
Fakulteten för naturresurser och lantbruksvetenskap  
Institutionen för Livsmedelsvetenskap

## Sammanfattning

Syftet med den här uppsatsen är att ge en inblick i järnberikning utifrån aspekter av teknik och hälsa. Exempel på tekniska aspekter är olika järnföreningar som används vid berikning som järnsulfat, järnfumarat och elementärt järn. Den stora frågan gällande hälsoaspekten är i vilken utsträckning berikning av livsmedel verkligen bidrar till förbättrad hälsa som reducering av anemi. Uppsatsen riktar sig främst till Egyptens och Irans berikning av mjöl med järn och innefattar en litteraturstudie baserad på vetenskapliga artiklar men också information från WHO (World Health Organization), FAO (Food and Agriculture Organization) och FFI (Flour Fortification Initiative) har använts.

Med berikning menas tillsättning av ett eller flera mikronäringsämnen till ett livsmedel. Ämnena behöver inte existera naturligt i livsmedlet utan syftet är att öka intaget av dessa mikronäringsämnen och därmed förbättra eller förhindra eventuell näringsbrist. Det är väldigt svårt att berika mjöl med järn för att järnföreningarna som tenderar att ha högst biotillgänglighet också i större utsträckning reagerar med livsmedlet och bildar oacceptabla färger och smaker.

Enligt WHO och FAO (2006) är järnbrist den mest förekommande bristsjukdomen i världen och är ett problem i både industrialiserade och icke-industrialiserade länder, men barn och kvinnor i barnafödandeålder tenderar att vara de med störst risk att utveckla mikronäringsbrist. I Egypten är förekomsten av undernäring och anemi hög och järnberikat mjöl används för produktion av subventionerade baladibröd i syfte att reducera antalet fall av anemi med 28 % inom fem år. Iran har järnberikat mjölet sedan 2001 och utvärderingar har visat att förekomsten av järnbrist har minskat, anemin har generellt ökat och ingen förändring i frekvensen av järnbristanemi har iakttagits. Anemi diagnostiseras som låga hemoglobinvärden men hemoglobinvärdena kan påverkas negativt av annat än järnbrist som malaria, infektioner och inflammationer. Därför är det viktigt att skilja på anemi och järnbristanemi. Det är svårt att säga om järnberikningen kommer att reducera anemin hos Egyptens befolkning vilket inte järnberikningen i Iran har visat än. Egyptens regering kan behöva utföra fler åtgärder än bara järnberikning av mjöl för att kunna reducera antalet fall av anemi i landet då inte alltid järnbrist är orsaken till anemi.

**Nyckelord:** Järnberikning, anemi, hemoglobin, Egypten, Iran

## **Abstract**

The purpose of this study is to give an overview about iron fortification from the view of technique and health. Example of a technical aspect is different iron compounds which are used for fortification like ferrous sulfate, ferrous fumarate and elemental iron. In the aspect of health the big question is if iron fortification can improve the health in reducing the prevalence of anemia. The study focuses on flour fortification with iron in Egypt and Iran and involves a literature study with scientific articles. Also information from WHO (World Health Organization), FAO (Food and Agriculture Organization) and FFI (Flour Fortification Initiative) are used.

Fortification means an intentionally increasing of the content of micronutrient in foods with the aim to improve the food quality and deliver a nutritional benefit to the consumer. It is very difficult to fortify flour with iron because the iron compounds that tend to be most bioavailable also tend to integrate with the food and form unfavorable taste- and color formations.

According to WHO and FAO (2006) the highest prevalence among micronutrient deficiency is iron deficiency and the problem exists both in industrialized and non-industrialized countries. In Egypt the frequency of malnutrition and anemia is very high and the iron fortified flour is used for the production of subsidized baladi bread in purpose to reduce the anemia with 28 % in five years. Iran has fortified the flour with iron since 2001 and evaluations have shown a decrease of iron deficiency, increasing of anemia and no change in the frequency of iron deficiency anemia. The diagnosis of anemia is low blood hemoglobin but the hemoglobin can negatively be affected by other things than iron deficiency like malaria, infections and inflammations. Therefore it is important to separate anemia and iron deficiency anemia from each other. It is difficult to say if the iron fortification will reduce the anemia in Egypt's population which the iron fortification in Iran not yet has shown. Egypt's government can need to take further steps than just iron fortification of flour in the work to reduce the anemia because iron deficiency is not always the reason to anemia.

**Keywords:** Iron fortification, anemia, hemoglobin, Egypt, Iran

## Innehållsföreteckning

Inledning.....	7
Material och metod.....	8
Järnberikning av mjöl.....	8
Järn i livsmedel.....	8
Järnets funktion i kroppen .....	9
Rekommendationer .....	9
Järnbrist och järnbristanemi .....	11
Metoder för att diagnostisera järnbrist och järnbristanemi .....	12
Risker vid höga intag av järn.....	12
Strategier vid berikning .....	13
Berikning av mjöl.....	14
Olika typer av järnföreningar vid berikning .....	14
Järnsulfat .....	15
Järfumarat.....	15
Inkapslade järnföreningar.....	15
Elementärt järn .....	16
Järnfosfatföreningar .....	16
Hämmande och absorptionshöjande komponenter .....	16
Berikningshalt .....	17
Andra aspekter att ta hänsyn till vid berikning .....	18
Egypten.....	18
Utvärdering av Irans järnberikning av mjöl .....	19
Diskussion .....	20
Slutsats .....	22
Referenser.....	23



## Inledning

Berikning av diverse livsmedel har under en lång tid utnyttjats i industrialiserade länder för att reducera bristen hos människor av bland annat vitamin A och D, flera B-vitaminer, jod och järn. Med berikning menas tillsättning av ett eller flera mikronäringsämnen till ett livsmedel. Ämnena behöver inte existera naturligt i livsmedlet utan syftet är att öka intaget av dessa mikronäringsämnen och därmed förbättra eller förhindra eventuell näringsbrist (WHO och FAO, 2006). Berikning av livsmedel är inget nytt koncept utan berikning av olika basgrödor introducerades för nästan 70 år sedan för att motverka mikronäringsbrist i framförallt Europa och Nord Amerika (Venkatesh Mannar och Wesley 2008).

Syftet med den här studien är att ge en inblick i järnberikning utifrån aspekter av teknik och hälsa. Exempel på tekniska aspekter som undersöks är vilka olika järnföreningar som används vid berikning av livsmedel samt absorptionshöjande och inhiberande komponenter vid berikning. Den stora frågan gällande hälsoaspekten är i vilken utsträckning berikning av livsmedel verkligen bidrar till förbättrad hälsa som reducering av anemi eftersom det även påverkas av andra företeelser, t.ex. olika typer av sjukdomar och infektioner. Studien kommer att belysa för- och nackdelar med järnberikning av mjöl och exemplifieras genom Egyptens och Irans berikning med järn. Det finns i dagsläget inga studier som har utvärderat effekterna av Egyptens järnberikning. Därför valdes Iran som har järnberikat sitt mjöl sedan 2001 och utvärderat sin berikning för att ge en inblick i vad Egypten kan förvänta sig av sin berikning som startade 2007. Anledningen till att Iran och Egypten valdes är för att järnberikning är ett aktuellt ämne i de länderna och de ingår i WHO:s *Eastern Mediterranean Region* (EMRO). EMRO innefattar ett samarbete mellan en del länder i östra medelhavsområdet under WHO:s mandat för att främja hälsan och utvecklingen hos befolkningen i de olika länderna (WHO, 2010).

Redan på 1920-talet introducerades jodberikat salt i Schweiz och USA som med tiden expanderade över hela världen och används nu i de flesta länder. Under tidigt 1940-tal började olika cerealieprodukter berikas med tiamin, riboflavin och niacin samt under senare tid även med järn och folsyra. Till en början var det framförallt de industrialiserade länderna som utnyttjade möjligheten till berikning men nu har utvecklingsländerna ökat sitt intresse för berikning i ett försök att reducera näringsbristen hos människor av olika vitaminer och mineraler (WHO och FAO, 2006).

Enligt WHO (World Health Organization) och FAO (Food and Agriculture Organization) (2006) är järnbrist den mest förekommande bristsjukdomen i världen och är ett problem i både industrialiserade och icke-industrialiserade länder, men barn och kvinnor i barnafödandeålder tenderar att vara de med störst risk att utveckla mikronäringsbrist. Det är inte endast näringsbristen i sig utan även risken att drabbas av andra sjukdomar, stundtals med dödlig utgång på grund av utvecklad näringsbrist, som är ett stort problem hos vissa befolkningar (WHO och FAO, 2006).

Berikning av livsmedel kan vara en väldigt kostnadseffektiv lösning för att minska mikronäringsbrist och kan sträcka sig över en hel livstid, men då måste det berikade livsmedlet konsumeras i en tillräcklig stor mängd av större delen av befolkningen för att få någon verkan (WHO och FAO, 2006). Livsmedlet ska gärna produceras centralt i stora mängder för att på ett smidigt sätt kunna tillsätta berikningsblandningen samt transportera ut den färdiga varan till detaljhandel och konsument. Basgrödor och diverse smakförstärkare (salt, socker, oljor, fett och såser) anses vara de livsmedel som är bäst att berika på grund av att stora delar av befolkningen konsumerar den sorten av livsmedel (Venkatesh Mannar och Wesley, 2008).

Studier av järnberikade livsmedel som visat en förbättring av järnstatusen och reducerad järnbrist är berikad fisksås i Vietnam, sojasås i Kina och curry i en indisk population i Sydafrika (WHO och FAO, 2006). WHO och FAO (2006) lyfter fram att det i nuläget finns väldigt få berikningsprogram som har blivit utvärderade på djupet för att visa dess effektivitet och verkan av berikningen. Det finns framförallt för få utvärderingar inom mjölberikning (WHO och FAO, 2006).

## **Material och metod**

Denna studie har innefattat en litteraturstudie där litteraturen som använts i arbetet till största del är vetenskapliga artiklar som har hämtats från databasen PubMed, men också från databaserna ISI Web of Knowledge, ScienceDirect och Scopus. Till den bakgrundsfakta som presenteras i arbetet har även böckerna *NNR* (De Nordiska Närings Rekommendationerna) och *Näringslära för högskolan* använts.

En hel del av litteraturen kommer också från WHO i samarbete med FAO som aktivt arbetar med att ta fram riktlinjer och rekommendationer för berikning av olika livsmedel med vetenskapliga grunder. Fakta från hemsidorna FFI (Flour Fortification Initiative), GAIN (The Global Alliance for Improved Nutrition) och WFP (World Food Programme) har också använts vid presentation av Egypten och deras berikning av mjöl. FFI, GAIN och WFP har uppdaterad information om vad som sker på berikningsfronten i olika länder runt om i världen.

För att få relevant och uppdaterad fakta inom områdena järnberikning, mjöl, järnbrist och anemi valdes artiklar från 1995 och senare. Den äldsta artikeln i uppsatsen är från 1997, men övriga artiklar och information från FFI, WHO, FAO, WFP och GAIN är från 2000 och senare.

## **Järnberikning av mjöl**

### **Järn i livsmedel**

I livsmedel finns järn i formerna hemjärn ( $\text{Fe}^{2+}$ ) och icke-hemjärn ( $\text{Fe}^{3+}$ ) där hemjärn har sitt ursprung i animalier och icke-hemjärn i frukt, grönsaker och cerealier (Martínez -Nevarrete *et*



*al.*, 2000). Ungefär 25 % av hemjärnet i maten absorberas (NNR, 2004) till skillnad från 1-10 % av icke-hemjärn (Martínez -Nevarrete *et al.*, 2000) som också i större grad påverkas av andra hämmande komponenter i maten som till exempel kalcium, fytater och polyfenoler. Absorptionen kan öka vid tillsättning av askorbinsyra och även av en ännu okänd ”MFP factor” (meat, fish and poultry) som tros vara en cystein innehållande peptid i kött, fisk och fågel som verkar absorptionshöjande (NNR, 2004).

Kött och köttprodukter är livsmedel med goda järnkällor. Andra livsmedel som bidrar till järnintaget är spannmålsprodukter, baljväxter och en del gröna bladgrönsaker till exempel grönkål, spenat, brysselkål och broccoli (Becker *et al.*, 2008).

### **Järnets funktion i kroppen**

Järn absorberas i övre delen av tunntarmen där hemjärn och icke-hemjärn har skilda absorptionsmekanismer. Människan kan inte aktivt utsöndra järn vilket gör att absorptionen i huvudsak styrs av kroppens järnstatus, totalt intag av järn och järnets biotillgänglighet i kosten (Becker *et al.*, 2008). Absorptionen av järn i kroppen ökar också vid ökat behov av järn exempelvis vid tillväxt, menstruation och graviditet (NNR, 2004).

En vuxen människa har i genomsnitt 3-5 g järn i kroppen vilket varierar beroende på kroppsstorlek och kroppens förråd (Becker *et al.*, 2008). En tredjedel av kroppens järn är bundet till lagringsproteinerna ferritin och hemosiderin som till största del finns i lever, mjälte och röd benmärg (Swanson, 2003), men en liten mängd ferritin finns också i serum vilket kan användas som ett mått på kroppens järnförråd (Becker *et al.*, 2008). Resterande järn i kroppen ingår i transportproteinet hemoglobin som transporterar syre, myoglobin som kan lagra en del syre i musklerna och i enzymer som medverkar i elektronöverföringar och oxidations-reduktions reaktioner (Swanson, 2003).

Järn transporteras bundet till transportproteinet transferrin i kroppen som kan transportera upp till två järnjoner i taget (Becker *et al.*, 2008). På cellernas yta ute i kroppen finns specifika transferrinreceptorer som binder in transferrin med inbundet järn. När komplexet bundit till receptorn förs hela komplexet in i cellen där järnet frisläpps från transferrinet genom en pH-sänkning. Antalet transferrinreceptorer på cellens yta motsvarar cellens järnbehov det vill säga fler receptorer på cellytan vid ökat järnbehov i cellen. Det betyder att järn endast transporteras ut till de celler som behöver järn (Hallberg, 2002). Anledningen till att järn transporteras hårt bundet till transferrin är att järn i fri form kan skada cellulära komponenter, inklusive lipider, proteiner och nukleinsyror på grund av sin kapacitet att existera i två oxidationsformer (Swanson, 2003). Koncentrationen av transferrin i serum avgör den totala järnbindande kapaciteten, TIBC (Total Iron Binding Capacity), men normalt är inte mer än 35 % av transferrinet i blodet mättat med järn (Becker *et al.*, 2008).

### **Rekommendationer**

Barn och tonåringar behöver täcka sina behov av basala förluster och tillväxt där unga kvinnor också behöver täcka behovet av det järn som går förlorat vid menstruation. Det

rekommenderade intaget för barn och tonåringar skiljer sig åt beroende på kön och ålder, se **Tabell 1**. Dock har inte NNR eller WHO några rekommendationer för barn under sex månader då det anses att de har järnförråd från födseln som täcker behovet under det första halvåret. NNR:s och WHO:s rekommendationer för flickor 10-17 år skiljer sig åt kraftigt då WHO har en betydligt högre rekommendation för tjejer som menstruerar (22 mg/dag), till skillnad från NNR som har samma rekommendation för flickor 10-17 år som för kvinnor i fertil ålder (15 mg/dag). Skillnaden mellan NNR:s och WHO:s rekommendationer för flickor 10-17 år beror på att NNR:s rekommendationer baseras på 90:e percentilen till skillnad från WHO:s rekommendationer som baseras på 95:e percentilen. En anledning till att NNR baserar rekommendationerna efter 90:e percentilen är att användningen av preventivpiller har ökat den senaste tiden vilket minskar blodförlusten vid menstruation. NNR anser också att de kvinnor som har ett ökat behov av järn också med större sannolikhet absorberar mer än 15 % av järnet i kosten som rekommendationerna baseras på. De har också i större utsträckning svårare att tillgodose sitt behov via kosten vilket kan leda till behov av järnsupplement (NNR, WHO och FAO, 2004).

NNR och WHO har inte några speciella rekommendationer för gravida på grund av att järnbehovet inte bara beror på kostens biotillgänglighet utan också vilket kroppsörråd av järn kvinnan har vid graviditetens början (NNR, WHO och FAO, 2004). Man räknar med att det totala järnbehovet vid graviditet är cirka 1 g, och det kan vara svårt att möta det ökande behovet i slutet av graviditeten trots att järnabsorptionen ökar. Det gör att man i början av graviditeten bör ha ett järnförråd på ungefär 500 mg för att kunna ha en bra järnbalans under hela graviditeten (NNR, 2004). I utvecklingsländer där anemi och järnbrist är ett problem och individens eventuella järnförråd saknas dels på grund av att järnhalten i kosten är ofullständig, vilket också kan bero på en låg järnbiotillgänglighet, men också på grund av infektioner. Ett alternativ är att inta extra järnsupplement, vilket inte alltid sker (Bothwell, 2000).

Rekommenderat intag för vuxna män och kvinnor efter menopausen (9 mg/dag) är satta för att täcka de basala förlusterna av järn och skiljer sig inte mellan NNR:s och WHO:s rekommendationer (NNR, WHO och FAO, 2004). Den basala förlusten som är ungefär 0,8-1 mg järn dagligen är på grund av avstötta epitelceller, galla och avföring (Becker *et al.*, 2008).

De rekommenderade intagen av järn i **Tabell 1** avser ett intag av en kost som har en järnbiotillgänglighet på 15 % vilket betyder att 15 % av kostens järninnehåll absorberas. En biotillgänglighet på 15 % anses motsvara en ”västerländsk kost” enligt WHO och menas med ett högt till medelmåttigt intag av kött, men det framgår inte av WHO vilka mängder som avses. WHO anser att utvecklingsländerna bör basera det rekommenderade intaget av järn på en järnbiotillgänglighet på 5-10 % beroende på kostens sammansättning, halten inhibitorer i kosten (till exempel fytater, polyfenoler och kalcium) och köttintag. Det betyder att WHO:s rekommendationer i **Tabell 1** för utvecklingsländerna bör fördubblas eller till och med tredubblas (WHO och FAO, 2004).

**Tabell 1.** Rekommenderat intag av järn för olika åldrar och kön enligt NNR och WHO vid en biotillgänglighet av järn i kosten på 15 % (efter NNR, 2004 och WHO och FAO, 2004)

Rekommenderat intag av järn enligt NNR och WHO

Ålder	Kön	RDI (mg/dag)	
		NNR	WHO (ca)
6 mån- 9 år	-	8-9	4-6
10-17 år	pojkar	9-11	10-13
10-17 år	flickor	11-15	9-22
Kvinnor fertil ålder		15	20
Kvinnor efter menopausen		9	8
Män		9	9

### Järnbrist och järnbristanemi

WHO räknar med att över två miljarder människor i världen lider av anemi (låga hemoglobinvärden) och att ungefär 50 % av fallen av anemi är på grund av järnbrist till skillnad från malaria (erytrocyterna förstörs av en parasit som myggan är bärare av), andra parasiter, infektioner och näringsbrister så som vitamin A, vitamin B<sub>12</sub>, folsyra och riboflavin (WHO och FAO, 2006). Därför är det viktigt att skilja på anemi och järnbristanemi.

Vid järnbrist sjunker till en början järnförråden som leder till sänkta nivåer av ferritin i serum. Brist i vävnaden utvecklas när järnförråden i kroppen är slut vilket leder till ökade halter av transferrin och transferrinreceptorer i serum som i sin tur leder till minskad mättnad av transferrin. Samtidigt ökar koncentrationen av erythrocytoporfyryn<sup>1</sup> som kan analyseras genom att halten zinkprotoporfyryn ökar då zink istället inkorporeras i protoporfyryn i brist på järn. Slutligen sjunker hemoglobinnivån i blodet och om inte järnstatusen förbättras utvecklas anemi vilket definieras som ett hemoglobinvärde med två standardavvikelser under genomsnittet i populationen (NNR, 2004). Anemi anses som ett folkhälsoproblem när förekomsten av låga hemoglobinvärden överskrider 5 % i befolkningen och allvarlig om det är fler än 40 % som är drabbade (WHO och FAO, 2006).

Anemi kan leda till olika symptom som bland annat reducerad arbetskapacitet, nedsatt immunförsvar och ökad mödra- och barnadödlighet (WHO och FAO, 2006). Hos barn kan svår anemi påverka den mentala utvecklingen och kognitiva funktionen. Faktorer som påverkar ifall barnets anemi leder till irreversibla symptom är barnets ålder, hur allvarlig och varaktig anemin är samt hur den socioekonomiska miljön ser ut som barnet lever i (NNR, 2004).

<sup>1</sup> En hemmolekyl består av en järnatom som är inkorporerad i protoporfyryn, men vid järnbrist ökar halten protoporfyryn då mindre järn är tillgängligt som kan inkorporeras och bilda hem (NE, 2010a).

## Metoder för att diagnostisera järnbrist och järnbristanemi

För att diagnostisera järnbrist och järnbristanemi används till största delen halten av serumferritin som indikator, men också halten hemoglobin, serumtransferrin (TIBC), transferrinmättnaden (serumjärn/TIBC) och halten transferrinreceptorer i serum (NNR, 2004). WHO och FAO (2006) har satt ut riktlinjer som kan användas för att diagnostisera järnbrist och järnbristanemi, men metoderna bör kombineras då exempelvis infektioner kan påverka värdena och de olika indikatorerna negativt, se **Tabell 2**. Anledning till att gränsvärdena för framförallt hemoglobinvärdena bara ska anses som riktlinjer är för att de normala hemoglobinvärdena kan variera från individ till individ och bör därför anpassas på individnivå. För kvinnor anses normala hemoglobinvärden vara 120-160 g/l och för män 140-180 g/l (WHO och FAO, 2004).

Halten serumferritin är bra att använda för att ta reda på kroppens järnstatus förutsatt att ingen infektion eller inflammation förekommer (NNR, 2004). Anledningen till det är att halten serumferritin ökar vid inflammation oberoende av järnstatusen. Det gör att vid diagnos av järnbrist kan personer med inflammation anses ha tillräckliga halter serumferritin för att inte lida av järnbrist vilket inte alltid är fallet. Även serumtransferrin kan påverkas negativt vid diagnos av järnbrist vid till exempel malaria (Zimmermann och Hurell, 2007). Resurserna i utvecklingsländerna är oftast begränsade vilket gör att olika markörer inte kombineras för att diagnostisera järnbristanemi utan använder sig endast av hemoglobinvärdena i de flesta fallen. Det gör det är svårt att veta om anemin beror på brist av järn eller andra orsaker som infektioner och inflammationer (WHO och FAO, 2006).

**Tabell 2.** Gränser och indikatorer som kan användas för att ta reda på järnstatusen och eventuell brist och anemi hos olika åldrar och kön (efter WHO och FAO, 2006)

Individens ålder och gränsvärden för att definiera järnbrist och järnbristanemi

Indikator	Ålder	Gränsvärde
Hemoglobin	6 mån- 4 år	110 g/l
	5-14 år	115- 120 g/l
	> 15 år	120-130 g/l
	gravida	110 g/l
Ferritin	< 5 år	< 12 µg/l
	> 5 år	< 15 µg/l
Transferrinmättnad		< 16 %
Erytrocytprotoporfyrin	< 5 år	> 70 µg/dl
	> 5 år	> 80 µg/dl

## Risker vid höga intag av järn

Absorptionen i tunntarmen anpassar sig efter kroppens järnstatus, men vid intag över 30 mg Fe/dag ökar risken för höga järnförråd i kroppen (serumferritin över 300 µg/l för män och 200 µg/l för kvinnor). Vid intag av en stor dos av farmaceutiska järnpreparat kan erosion på mukosan i mage och tarm ske. Framförallt barn löper risk att drabbas. Vid skada på mukosan

kan okontrollerad järnabsorption ske vilket kan orsaka akuta symptom som chock på grund av kärlutvidgning och hjärtsvikt. Organ som lever, pankreas, njurarna, centrala nervsystemet och erytrocyterna kan också ta skada vid en för hög dos av järn. En dödlig dos kan ligga på 180-300 mg Fe/kg kroppsvikt. Biverkningar vid intag av farmaceutiska järnpreparat kan vara yrsel, kräkningar, förstoppning och tillfällig diarré vilket kan bero på irritation på mukosan som ökar tillförseln av järn till cirkulationen (NNR, 2004).

Människor med den primära formen av den kroniska sjukdomen hemokromatos är känsliga för höga intag av järn genom en genetisk defekt som gör att de absorberar och lagrar in mer järn i kroppen. Den sekundära formen av hemokromatos är inte ärftlig och orsakas istället av ett högt järnintag (farmaceutiska doser, 160–1 200 mg/dag) under längre tid som årtionden (NNR, 2004).

I studier angående risken för att drabbas av hjärt- och kärlsjukdomar på grund av ett för högt järnintag har gett resultat som både tyder på ett samband och motsäger ett samband mellan ett högt intag av järn och att drabbas av hjärt- och kärlsjukdomar (NNR, 2004).

### **Strategier vid berikning**

Det finns olika former av berikning vilket kan användas för att nå ut till allmänheten, en population eller bara till en viss målgrupp och detta genom massberikning, riktad berikning, marknadsstyrd berikning, bioberikning och hushållsberikning (WHO och FAO, 2006).

Massberikning inbegriper tillsättning av en eller flera mikronäringsämnen till livsmedel som till största del konsumeras av allmänheten, till exempel cerealier och mjölk. Berikningen är oftast obligatorisk och styrs av regeringen. Massberikning är generellt den bästa lösningen när större delen av allmänheten är i riskzonen för brist av en eller flera mikronäringsämnen, men kan också vara till en fördel för allmänheten som inte lider av brist (WHO och FAO, 2006).

Riktad berikning är som namnet benämner berikning av livsmedel som är riktad till en specifik undergrupp i en population för att öka intaget av ett eller flera mikronäringsämnen. Det kan till exempel rikta sig till barn, gravida eller ammande (WHO och FAO, 2006).

Marknadsstyrd berikning är frivillig och styrs av livsmedelsföretagen, men inom regeringens gränslinjer för berikning. Marknadsstyrd berikning är mer utbredd i de industrialiserade länderna medan den fortfarande är begränsad i utvecklingsländerna, men tros öka i takt med urbaniseringen då tillgängligheten av livsmedel också ökar. Det finns en del problem med marknadsstyrd berikning där man främst är rädd för att konsumenterna ändrar sitt kostintag till det sämre, till exempel ökar sockerintaget eller minskar fiberintaget på grund av berikning av olika produkter. Det finns även risk för ett för högt intag av de olika mikronäringsämnena i berikade livsmedel (till exempel frukostflingor, drycker och näringstäta kakor så kallade ”nutrition bars”) hos framförallt barn som kan konsumera lika stor portion som egentligen är avsedd för vuxna (WHO och FAO, 2006).

Bioberikning inbegriper förädling, genetiskt modifiering av grödor men också groddning för att öka eller förändra näringsinnehållet. Förädling av grödor har alltid förekommit inom lantbruket men genetiskt modifierade (GM) grödor är en nyare metod. Metoden är under utveckling och det råder en viss osäkerhet kring hur GM grödorna påverkar oss människor, dess kostnader för så väl konsumenten som producenten och hur miljön påverkas i deras närvaro (WHO och FAO, 2006).

Med hushållsberikning menas i princip att hushållen själva sköter berikningen av livsmedel hemma i hushållet. Berikningsformen som är en kombination av berikning och supplementering är under utveckling i ett antal länder och produkterna riktar sig främst till små barn. Exempel på berikningsprodukter är krossbara tabletter, mikronäringsbaserade pulver och mikronäringstäta pålägg som har visat sig vara populära hos barn. Berikningsformen är dyrare än massberikning men kan vara användbar till att förbättra små barns mikronäringsintag och där massberikning inte är möjligt (WHO och FAO, 2006).

### **Berikning av mjöl**

Cerealier som till exempel vete som mals vid stora kvarnar har potentialen att nå stora delar av befolkningen, men ställer stora krav på kvarnarna när det gäller kvalitet och säkerhet (Venkatesh Mannar och Wesley 2008). Berikning av vetemjöl med järn har ökat de senaste åren och från år 2007 har nästan 540 miljoner människor runt om i världen haft tillgång till järnberikat mjöl. Enligt US CDC (Center for Disease Control and Prevention) är ökningen inte tillräcklig och ytterligare öknings av järnberikningar behövs för att minska undernäringen i världen (Sadighi *et al.*, 2009).

Järnsulfat och elementärt järnpulver är det som traditionellt har använts för att berika vetemjöl och andra cerealier där elektrolytiskt järn är det som föredragits mest (WHO och FAO, 2006). En negativ faktor som spelar stor roll vid berikning av mjöl är att mjöl innehåller stora mängder fytinsyra som hämmar människans absorption av järn i kroppen och mjöl är också känsligt för fettoxidation (Martínez –Nevarrete *et al.*, 2000).

### **Olika typer av järnföreningar vid berikning**

Grovt kan man dela in de olika järnföreningarna som används till berikning i tre kategorier; vattenlösliga (1), mindre lösliga i vatten men lösliga i svag syra (2) och olösliga i vatten men något lösliga i svag syra (3). Vid jämförelse mellan de olika järnföreningarna användes måttet ”relativa biotillgängligheten”, RBV (relative bioavailability). Järnsulfat används som referens och har en RBV på 100 där de andra järnföreningarnas RBV skattas utifrån järnsulfat (WHO och FAO, 2006). Vid järnberikning vill man använda den järnföreningen med högst RBV samtidigt som man eftersträvar så få sensoriska förändringar som möjligt. Exempel på järnföreningar som kan användas vid berikning är järnsulfat, järnfumarat, elementärt järnpulver och järnfosfatföreningar. Järnsulfat och järnfumarat har en RBV på 100 medan elementärt järnpulver och järnfosfatföreningar generellt har en lägre RBV men varierar väldigt kraftigt med allt från RBV på 5 till 75 (Hurell, 2002).

Tekniskt sett är järn det mest komplicerade mineralämnet att tillsätta till livsmedel och samtidigt garantera en vettig absorption. Detta för att den mest biotillgängliga formen av järn (vattenlöslig) ofta interagerar med livsmedlet och bildar icke-önskvärda färger och smakförändringar. När vattenlösliga föreningar av järn tillsätts till mjöl sker ofta härskning, men tillsätter man istället ett svårsligt järn som inte integrerar med mjölet skulle det bli problem med att absorptionen skulle vara väldigt liten och inte till någon nutritionell fördel (Hurell, 2002).

### **Järnsulfat**

Järnsulfat är en vattenlöslig förening och produkter där järnsulfat fungerat bra vid berikning är i barnmat, bröd, pasta, och även i vetemjöl med kort förvaring för att det inte mjölet ska härskna (Hurell, 2002) vilket är ungefär en månad i fuktigt klimat och tre månader i torrt och svalt klimat (WHO och FAO, 2006). I Chile använder man sig av järnsulfat för att berika vetemjöl vilket än så länge har rapporterats vara lyckat och därmed motsäger synen på att järnsulfat skulle vara olämpligt vid berikning av mjöl (Hurell, 2002).

Hurell *et al.* (1999) utförde en studie på 36 män och 48 kvinnor i åldrarna 18 till 40 år där man mätte absorptionen av olika järnföreningar i bland annat en vetebaserad gröt. I gröten som berikades med järnsulfat visade resultaten att absorptionen av järn inte var mer än 2 %. Det visar att produkter baserade på cerealier som naturligt innehåller fytinsyra kan leda till en oacceptabelt låg järnabsorption. Halten fytinsyra i gröten var 122 mg/100 g vilket kan jämföras med vetemjöl utan skaldelar som innehåller 100 mg/100 g mjöl.

### **Järnfumarat**

Järnfumarat har använts till att berika cerealier för små barn i Europa och även i chokladdryckspulver. I vuxna har det framgått att absorptionen varit lika hög som för järnsulfat (RBV 100), men att även järnfumarat som järnsulfat kan bilda oacceptabla färg- och smakförändringar i det berikade livsmedlet fast i mindre utsträckning. Järnfumarat är inte lösligt i vatten men löser sig i magsyran under digestion vilket sker i alla friska individer. Dock har det inte gjorts några studier på barn eller människor i utvecklingsländer där magsyraproduktionen kan vara nedsatt på grund av infektioner eller näringsbrist (Hurell, 2002).

### **Inkapslade järnföreningar**

Järnsulfat och järnfumarat förekommer också i inkapslad form för att förhindra att det uppkommer smak- och färgförändringar. Höljet på kapslarna kan bestå av hydrogenerad olja, maltextrin eller etylcellulosa. Ett tekniskt problem som fortfarande kvarstår att lösa är att kapslarna är värmeinstabila vilket betyder att under uppvärmning eller tillagning förstörs höljet och järnet kan reagera med livsmedlet och negativa förändringar kan ske. Mjöl har hittills varit ett svårt livsmedel att berika med absorberbara järnföreningar så som järnsulfat och järnfumarat, men med inkapslingstekniken kan det bli en möjlighet till förbättring när man utvecklat värmestabila kapslar (Hurell, 2002).

## **Elementärt järn**

Elementärt järn är olösligt i vatten men något lösligt i svag syra (WHO och FAO, 2006) och används ofta till berikning av mjöl, cerealieprodukter som frukostflingor och cerealiebaserad mat för små barn efter avslutad amning (till exempel gröt och välling) (Hurell, 2002). Anledningen är att elementärt järn i mindre utsträckning reagerar med livsmedlet och är billigare än de mer lösliga järnföreningarna (WHO och FAO, 2006). Dock finns det få bevis på att berikning med elementärt järn har en främjande effekt på järnstatusen. Det finns fem olika ”järnpulver” beroende på hur de tillverkas där deras gemensamma namn brukar benämnas ”reducerat järn” (Hurell, 2002). Värt att nämna är att Sverige berikade allt vetemjöl med karbonyljärn som är en form av elementärt järn med halten 65 mg järn per kg mjöl från 1944 fram till 1995 (Olsson *et al.*, 1997).

Ett problem med elementärt järn är att det är svårt att förutspå dess biotillgänglighet för att dess löslighet i magsyran beror på kostens sammansättning och varierar vid olika måltider. Som nämndes tidigare spelar magsyraproduktionen stor roll för en bra biotillgänglighet vilket kanske inte alla har. Den formen som har visat sig absorberas bäst av de elementära järnsorterna är elektrolytiskt järn där absorptionen var hälften så stor som järnsulfat vilket ur berikningssynpunkt skulle betyda att dubbelt så mycket skulle behöva tillsättas vid berikning (Hurell, 2002).

## **Järnfosfatföreningar**

Järnortofosfat och järnpyrofosfat har använts i Europa för att berika chokladdryckspulver och cerealiebaserad mat till barn (Hurell, 2002). Likt elementärt järn är järnfosfatföreningar olösliga i vatten men något lösliga i svag syra (WHO och FAO, 2006). Relativt lite är känt om deras biotillgänglighet men studier har visat att järnortofosfat absorberas bättre än järnpyrofosfat men likt elektrolytiskt järn bara hälften så bra som järnsulfat och därmed behövs det också en dubbelt så hög berikningshalt jämfört med järnsulfat (Hurell, 2002).

## **Hämmande och absorptionshöjande komponenter**

Biotillgängligheten av järn i berikade livsmedel är inte bara beroende av vilken järnförening som använts vid berikningen utan också av kostens sammansättning både utav absorptionshöjande och inhiberande komponenter (WHO och FAO, 2006). En inhiberande faktor i mjöl är fytinsyra som kan minska absorptionen av järn. För att minska den hämmande komponenten och öka absorptionen av järn kan man tillsätta askorbinsyra, ta bort fytinsyran eller tillsätta natrium EDTA<sup>2</sup> (NaEDTA), med eller utan inbundet järn i föreningen (NaFeEDTA) (Hurell, 2002).

I cerealier finns det naturligt hämmande föreningar som minskar järnabsorptionen i kroppen där i huvudsak fytinsyra är den största inhibitorn. Fytinsyra binder starkt in järnet i mag- och

---

<sup>2</sup> EDTA (etylendiamintetraättiksyra) är en syntetiskt framställd syra som med tvåvärda metalljoner (till exempel järn, kalcium, bly och kvicksilver) kan bilda starka komplex. Alternativa användningsområden för EDTA förutom järnberikning kan vara som antikoagulant i blodprover och vid behandling av blyförgiftning samt ormbett (NE, 2010b).



tarmkanalen som minskar absorptionen av även de mest biotillgängliga järnföreningarna till låga nivåer. Det kan bildas icke absorberbara föreningar i tarmen med både järn med naturligt ursprung i maten och med berikat järn (Hurell, 2002).

Ascorbinsyra tillsätts ofta till järnberikade livsmedel för att öka absorptionen, men användningen är begränsad vid tillsättning till mjöl på grund av förluster vid tillagning och lagring. En del tillsätts ändå, men har inga absorptionshöjande effekter (WHO och FAO, 2006) utan gör att mjölet mognar vilket leder till att glutennätverket i mjölet blir mer elastiskt och tillåts expandera mer vid bakning (Jonsson *et al.*, 2007). Ascorbinsyra agerar i huvudsak i magen och duodenum där den både löser upp och reducerar trevärt järn till tvåvärt järn då trevärt järn i större utsträckning än tvåvärt järn bildar olösliga och icke absorberbara föreningar. Det finns emellertid en viss osäkerhet över hur askorbinsyra påverkar absorptionen av olösligt järn (till exempel elektrolytiskt järnpulver och järnfosfatföreningar) och även järnfumarat (Hurell, 2002).

NaEDTA har visat resultat på att öka absorptionen av järn som troligtvis beror på att EDTA binder in järnet vilket bildar ett lösligt komplex i mag- och tarmkanalen istället för att järnet binds till någon inhibitor. EDTA är till skillnad från askorbinsyra stabilt vid lagring och tillagning och är en tillåten tillsats till livsmedel i många länder för att förhindra sensoriska förändringar. Tyvärr ökar inte EDTA absorptionen hos järnföreningarna som inte är lösliga i vatten vilket antagligen beror på att EDTA hinner binda sig till andra tvåvärdade joner i maten innan järnet löst sig i magsyran (Hurell, 2002).

Vid närvaro av fytinsyra absorberas järn två till tre gånger bättre från NaFeEDTA än från järnsulfat men vid frånvaro av fytinsyra är absorptionen ungefär densamma. NaFeEDTA är stabilt under tillagning (Hurell *et al.* 1999) och orsakar ingen fettoxidation under lagring av mjöl (Hurell, 2002). Det negativa med NaFeEDTA däremot är att den är ungefär sex gånger dyrare än järnsulfat och tendensen att orsaka oacceptabla färgformationer är i likhet med järnsulfat (Hurell, 2002).

Tekniskt sett är det möjligt att helt ta bort fytinsyra enzymatiskt i livsmedel med cerealier vilket skulle kunna öka absorptionen av järn och vara ett billigt komplement istället för askorbinsyra som inte är stabilt i fuktiga klimat. För att det ska bli ett meningsfullt förbättrande av järnabsorptionen måste fytinsyra nivån sänkas till en väldigt låg nivå vilket endast kan nås genom enzymatiska reaktioner. Vid en sänkning från 1 g fytinsyra/100 g mjöl (motsvarar mjöl med skaldelar) till 100 mg/100 g (motsvarar mjöl utan skaldelar) fördubblas absorptionen och vid helt frånvaro av fytinsyra ökar absorptionen med fem gånger. Traditionella processer som blötläggning, groddning och fermentering kan naturligt sänka halten av fytinsyra (Hurell, 2002).

## **Berikningshalt**

Enligt WHO (2009) bör halten järn vid berikning av mjöl styras av det genomsnittliga intaget av mjöl hos befolkningen, men att det i slutänden är ländernas ansvar att bestämma vilken

järnförening och hur hög halten av järn ska vara vid berikning. Vid hänvisningen från WHO (2009) av de olika rekommenderade halterna delas först mjölkonsumtionen upp i fyra grupper; mindre än 75 g/dag, 75-150 g/dag, 150-300 g/dag och över 300 g/dag vilket ligger som grund för de olika halterna av järn vid berikning.

Är konsumtionen av mjöl över 300 g/dag rekommenderas en berikningshalt med 15 mg/kg mjöl NaFeEDTA, 20 mg/kg järnsulfat, 20 mg/kg järnfumarat och 40 mg/kg elektrolytiskt järn. Vilket kan jämföras med om konsumtionen istället skulle vara mindre än 75 g/dag som genererar en berikningshalt på 40 mg/kg NaFeEDTA, 60 mg/kg järnsulfat, 60 mg/kg järnfumarat. Anledningen till att det inte finns någon rekommendation om berikningshalten av elektrolytiskt järn vid en konsumtion av mjöl mindre än 75 g/dag är för att väldigt höga halter av elektrolytiskt järn kan ha en negativ inverkan på mjölet när det gäller de sensoriska egenskaperna (WHO, 2009).

### **Andra aspekter att ta hänsyn till vid berikning**

Erfarenheter har visat att det i praktiken, speciellt vid massberikning, är tre faktorer som påverkar och begränsar halten av mikronäringsämnet som kan tillsättas till livsmedlet. Dels är det olika säkerhetsaspekter som styr tillsättningen, men teknologiska (exempelvis berikningshalt) och ekonomiska faktorer har också en avgörande roll vid berikning. Ekonomin är den faktor som till största del är mest rörlig och varierbar till skillnad från säkerheten och berikningshalten som tenderar att vara mer fixerade. Det är viktigt vid berikning och framförallt vid massberikning att priset på livsmedlet inte ökar allt för mycket, så att konsumenterna fortfarande är beredda på att köpa livsmedlet (WHO och FAO, 2006).

När det gäller säkerhetsaspekterna är den viktigaste faktorn att fastställa en rimlig halt vid berikning så att inte halten av mikronäringsämnet blir för högt samtidigt som det medför en fördel av att inta det berikade livsmedlet. Det krävs alltså en jämförelse med det tänkta intaget av mikronäringsämnet med den övre tillåtna gränsen av intag (UL, upper limit). Det innebär att ett visst dagligt intag av mikronäringsämnet inte ska ha någon negativ och skadlig effekt på i övrigt friska människors hälsa, särskilt hos barn som är i större risk av att få i sig för mycket av mikronäringsämnet (WHO och FAO, 2006).

Den teknologiska begränsningen innebär, speciellt vid berikning med järn, en högsta rimliga halt som kan tillsättas till ett livsmedel utan att orsaka några negativa sensoriska förändringar. Ett annat problem vid järnberikning av mjöl är att fördela järnet jämt i mjölet så att allt mjöl innehåller lika mycket järn. Tester måste göras på ett tidigt stadium i utvecklingen av ett berikningsprogram för att kunna utveckla eventuella alternativ om det tänkta mikronäringsämnet orsakar negativa förändringar i livsmedlet (WHO och FAO, 2006).

### **Egypten**

Egypten är ett låginkomstland där nästan 20 % av befolkningen lever på under 1 US\$/dag vilket anses vara existensminimum och därmed definitionen på fattigdom. Det finns en stor geografisk skillnad mellan södra och norra delen av Egypten. I södra delen präglas naturen av

ökenområden och fattigdomen är hög till skillnad från den mer utvecklade delen i norra Egypten som är mer industrialiserad, bebyggd och har en mer omfattande varuhandel (WFP, 2010). En stor del av befolkningen lider av anemi dels på grund av järnbrist men också på grund av parasiter och undernäring (Bakr, 1997). År 2008 hade Egypten en befolkning på nästan 83 miljoner och uppskattningsvis led 30 % av barnen, 45 % av de gravida kvinnorna och 28 % av de icke gravida kvinnorna av anemi (FFI, 2009).

Vete är en basgröda i Egypten som är tillgänglig även för de med lägst inkomst i landet och konsumtionen är framförallt stor av baladibröd som är ett tunnbröd bakat på vetemjöl, salt vatten och jäst vilket gör att vetemjöl är ett bra livsmedel att berika (Bakr, 1997). En annan anledning är också att konsumtionen av vetemjöl är hög, cirka 140 kg/capita (under 2005) vilket är cirka 383 g/dag. Konsumtionen av vete står för ungefär en tredjedel av energi- och proteinintaget per dag hos befolkningen i Egypten. Konsumtionen per capita av vete baseras på den mängd som produceras och importeras där export, foder, utsäde, förluster vid lagring och transport räknas bort. Mängden vete som sedan blir kvar räknas som den mängd som folket får ta del av och divideras med den aktuella befolkningens mängd för att få fram kg vete per capita (FAOstat, 2005).

Egypten fick upp ögonen för berikning av mjöl 1994 och började jobba för att införa en berikning i hela landet. Mellan 1997 och 2001 samarbetade Egyptens regering med *WHO Eastern Mediterranean Regional Office* för att komma fram till rekommendationer angående berikningen av mjöl med järn och folsyra. Egypten mottog ett bidrag på tre miljoner US\$ från GAIN där kapitalet var till för att användas under en treårsperiod för att stötta exempelvis inköp av berikningsblandning och för att starta upp en marknadsföring (FFI, 2009). Mjölet som berikas kommer att användas till industriell produktion av baladibröd och via ransoneringskort kommer baladibröden att vara subventionerade för befolkningen (GAIN, 2010a och b). Det har startats upp pilotprojekt i en del provinser i Egypten där befolkning har tillgång till de berikade baladibrödet som med tiden kommer att expandera i landet och fortgå under cirka fem år (startade 2007) (GAIN, 2008). Järnföreningen som Egypten berikar mjölet med är järnsulfat och målet med berikningen är att reducera antalet fall av anemi med 28 % inom fem år (GAIN, 2008).

### **Utvärdering av Irans järnberikning av mjöl**

Anemi och järnbrist är ett stort hälsoproblem i Iran precis som i Egypten och regeringen ansåg att något behövde göras. *The Ministry of Health and Medical Education* (MOHEME) startade upp ett program för att berika mjöl med järn och folsyra och ett pilotförsök gjordes i Bushehr provinsen på grund av den höga förekomsten av järnbrist och anemi bland kvinnorna i barnafödande ålder (15-49 år). Mjölet berikades med 30 mg järnsulfat per kilo mjöl och berikningen startade år 2001 (Sadighi *et al.*, 2007 och 2009).

Markörerna som användes för att diagnostisera anemi var låga hemoglobinvärden (12 g/dl i icke gravida och 11 g/dl i gravida), låga serumferritin nivåer för järnbrist (10 ng/ml för alla) och järnbristanemi definierades som både låga hemoglobinvärden och serumferritin nivåer.

Redan år 2004 gjorde man en utvärdering av berikningen i Bushehr där kvinnorna i Fars provinsen användes som kontrollgrupp. Resultaten av utvärderingen visade att en förbättring hade skett men endast på serumferritin nivåerna vilket också bekräftades i en studie 2007 (Sadighi *et al.*, 2007). Detta resultat konfirmerades i en studie som utfördes år 2009. Studien visade att en signifikant sänkning av järnbrist (höjda serumferritin nivåer), signifikant generell ökning av anemi (låga hemoglobinvärden) och ingen förändring gällande frekvensen av järnbristanemi hade skett (Sadighi *et al.*, 2009).

Man kom fram till att berikningen endast påverkat järnbristen på ett positivt sätt, men inte på anemin eller järnbristanemin. Enligt Sadighi *et al.* (2009) kan anledningen vara att järnet som användes till berikning hade en låg biotillgänglighet, inhibitorer som fytinsyra minskade absorptionen, att halten järn i mjölet var för låg eller att det var en för låg konsumtion av andra järninnehållande livsmedel. Andra viktiga faktorer kan vara att parasiter, infektioner och andra sjukdomar har en stor påverkan på anemin i Iran. Studien har en del begränsningar då endast första studien innefattade en kontrollgrupp och vilket inte heller skulle vara möjligt i nuläget vid en ny studie på grund av att berikningen har expanderats till hela Iran (Sadighi *et al.*, 2007 och 2009).

## Diskussion

Berikning anses vara till fördel på så vis att väldigt många kan ta del av det till en låg kostnad. Identifiering av de med brist eller potentiell brist behöver inte vara en grundförutsättning som vid supplementering med järntabletter då människorna aktivt måste söka vård för att diagnostiseras och få tillgång till supplement, vilket inte alltid är givet i utvecklingsländerna (Bothwell, 2000). Dock finns det väldigt få berikningsprogram som officiellt har utvärderats i fall det har skett någon förbättring av den nutritionella statusen efter genomförd berikning. Det är svårt att veta om den eventuella förbättringen hos befolkningen skett till följd av berikningen eller om andra förändringar som förbättrad ekonomi hos befolkningen eller hälsa har skett under samma period (WHO och FAO, 2006).

Enligt Martínez –Nevarrete *et al.*, (2000) är det mest effektivt att bekämpa järnbristen i utvecklingsländerna genom ett kombinerat program med berikning och med supplement av järntabletter till högriskgrupper. Det innefattar också att använda sig av de olika strategier inom kosten som kan maximera biotillgängligheten av järn i såväl berikade som icke-berikade livsmedel. Det gäller framförallt att förbättra absorptionen ytterligare av järnet i mjölet som kan ske vid intag av en frukt i samband med måltid, det vill säga med den absorptionshöjande faktorn askorbinsyra (WHO och FAO, 2006). Supplement med en farmaceutisk dos kan användas för att få snabba förändringar hos de med akut brist medan berikning av till exempel mjöl kan förbättra järnstatusen hos en befolkning under en längre period (Martínez – Nevarrete *et al.*, 2000).

Problemet med anemi under graviditeten beror i många utvecklingsländer på att många kvinnor konsumerar mat med låg biotillgänglighet av järn och inleder därmed graviditeten

med dåliga järnlager och lägre än optimala halter hemoglobin i kroppen (Bothwell, 2000). Med tanke på att det är svårt för en gravid kvinna att få i sig tillräckligt med järn under senare delen av graviditeten (NNR, 2004) är det bra om det från början finns ett järnlager i kroppen vilket skulle kunna bli en möjlighet för de kvinnorna som konsumerar järnberikat mjölet under en längre tid.

Den del av befolkningen som inte lider av järnbrist (gäller friska individer) men ändå konsumerar det berikade mjölet löper en väldigt liten risk att absorbera för mycket järn då absorptionen styrs av hur mycket järn kroppen är i behov av genom ett så kallat "feedbacksystem". Vilket betyder att de med tillräckliga järnförråd i kroppen bara absorberar vad kroppen behöver och löper ingen risk att lagra in för mycket järn. Dock finns det oklarheter om "feedbacksystemet" i kroppen skyddar äldre människor (över 60 år) från att absorbera för mycket järn då istället biotillgängligheten och mängden intaget järn är en avgörande faktor (Swanson, 2003). Det skulle alltså betyda att friska män och kvinnor efter menopausen inte skulle löpa någon risk att lagra in för mycket järn i kroppen genom att äta järnberikat mjöl, men att man inte vet om äldre människor kan ta skada av ett större intag av mer lättillgängligt järn. I länder där fattigdom och undernäring är stora problem får risken anses som liten hos de flesta i befolkningen att lagra in för mycket järn på grund av att intaget av järn från andra livsmedel är relativt liten. Det kan istället bli till en fördel för alla i befolkningen att få ta del av järnberikningen.

Egyptens val att berika mjölet med järnsulfat har både sina för- och nackdelar. Järnsulfat har en bra biotillgänglighet och är vattenlösligt vilket krävs med tanke på att mjöl innehåller fytinsyra som hämmar absorptionen. Värt att nämna är att järnets biotillgänglighet ökar ytterligare under jäsningen av baladibröden då en del av fytinsyran bryts ner av fytas vilket gör att järn blir tillgängligare för absorption (Jonsson *et al.*, 2007). Med tanke på att mjölet används direkt till att industriellt producera baladibröd och inte lagras särskilt länge är risken för härsnkningen av mjölet relativt liten (Hurell, 2002 och GAIN 2010a).

Hurell *et al.* (1999) visade med sin studie vid jämförelse av absorptionen av järnföreningar att NaFeEDTA absorberades två till fyra gånger bättre än järnsulfat och järnfumarat vid närvaro av fytinsyra. Hurell *et al.* (1999) visade även som nämndes tidigare att absorptionen av järnsulfat vid närvaro av fytinsyra kan vara oacceptabelt låg. Då kan man fråga sig om berikningen verkligen gör någon nytta för Egyptens befolkning om inte det är säkert att en vettig absorption sker vid intag av det berikade mjölet i form av baladibröd? För att ett högre intag av järn ska kunna minska förekomsten av anemi i Egyptens befolkning bör man satsa på till exempel NaFeEDTA som i Hurells *et al.* (1999) studie visade på en bättre absorption än järnsulfat. Det kan dock innebära en betydligt högre kostnad. Med tanke på att inga utvärderingar om berikningen har gjorts kan inga slutsatser i nuläget dras i fall järnsulfat verkligen är den optimala järnföreningen att berika med.

Irans utvärdering angående landets järnberikning förde med sig både positiva och negativa resultat. Det positiva var att ferritin nivåerna i serum hade ökat, alltså järnbristen hos befolkningen hade minskat troligen till följd av berikningen. Dock skedde det en oförklarlig

ökning av anemi i landet vilket antagligen inte från början hade något med intaget av järn att göra då järnbristanemin var oförändrad vid utvärderingen. Att järnbristanemin var oförändrad efter utvärderingen av berikningen förde även med sig frågetecken, men författarna anser att det beror på att hemoglobin inte är en tillräckligt lämplig indikator för att mäta järnstatusen hos befolkningen i utvecklingsländerna (Sadighi *et al.*, 2007 och 2009).

Hemoglobinvärdet anses inte vara en bra indikator för järnbristanemi på grund av att anemi i utvecklingsländerna inte bara orsakas av järnbrist utan också som nämnts tidigare av malaria, parasiter och andra sjukdomar. Därför anser Sadighi *et al.* (2007 och 2009) att man i kommande studier bör använda flera indikatorer tillsammans med hemoglobin för att på ett säkrare sätt kunna diagnostisera järnbristanemi. Slutligen anses det att järnberikning i områden där anemi inte i huvudsak beror på brist av järn utan andra faktorer kan sänka nivåerna av järnbrist utan att påverka förekomsten av anemi. Det gör att berikningen i sig inte har någon funktion vid reduktionen av anemi som är det största problemet (Sadighi *et al.*, 2007 och 2009).

Samtidigt som många länder både introducerar och fortsätter med järnberikning av mjöl har det framgått av WHO (2006) att det finns få utvärderade berikningsprogram där mjöl berikats med järn. Införandet av en berikning i ett land innebär stora kostnader. För Egypten innebär det en kostnad på ungefär 21 miljoner US\$ under den fem åriga testperioden (GAIN, 2010a). Det är pengar som kunde ha satsats på till exempel supplement till högriskgrupperna och försöka att minska undernäringen. Järnberikning är kanske inte alltid den bästa lösningen på problemet med anemi då inte alltid järnbrist är orsaken.

## **Slutsats**

Egypten bör inte förlita sig på att järnberikningen kommer att göra några drastiska ändringar i befolkningens järnstatus i likhet med vad berikningen i Iran visade. All anemi i Egypten är inte till följd av järnbrist utan också av parasiter, sjukdomar, och infektioner. Det gör att Egypten måste satsa på flera åtgärder för att minska förekomsten av anemi i landet än järnberikning av mjöl. Innan några riktiga slutsatser kan dras om huruvida Egyptens mjölberikning är fyller sin funktion eller inte krävs det studier som kan utvärdera verkningsgraden hos befolkningen.

## Referenser

- Bakr, A.A., (1997). Production of iron-fortified bread employing some selected natural iron sources. *Nahrung*, 41, 293-298
- Becker W., Håglin L. och Aschan-Åberg K., (2008), Mineralämnen. I: Abrahamsson L. *et al.* ed., 2008, *Näringslära för högskolan*. Stockholm: Liber AB. Kap. 11, 226-232
- Bothwell, T.H., (2000), Iron requirements in pregnancy and strategies to meet them. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 72, 257-264
- FAOstat (Food and Agriculture Organization), (2005). Egypt-2005, Wheat. [Uppdat. 2009] Tillgänglig: <http://faostat.fao.org/site/368/DesktopDefault.aspx?PageID=368#ancor> [Hämtad, 2010-05-10]
- FFI (Flour Fortification Initiative), (2009). FFI Country Information: Egypt: Overview of Progress Toward Fortification. Tillgänglig: <http://www.sph.emory.edu/wheatflour/Egypt.php> [Hämtad, 2010-04-21]
- GAIN (Global Alliance for Improved Nutrition), (2008). WFP, MOSS and GAIN celebrate start of flour fortification in Egypt to reduce widespread anemia by 28%. Tillgänglig: <http://www.gainhealth.org/press-releases/wfp-moss-and-gain-celebrate-start-flour-fortification-egypt-reduce-widespread-anemia-> [Hämtad, 2010-04-21]
- GAIN (Global Alliance for Improved Nutrition), (2010a). Egypt Wheat Flour and Vegetable Oil Fortification Project. Tillgänglig: <http://www.gainhealth.org/project/egypt-wheat-flour-fortification-project> [Hämtad, 2010-05-11]
- GAIN (Global Alliance for Improved Nutrition), (2010b). Egypt Large Scale Food Fortification Tillgänglig: [http://www.gainhealth.org/sites/default/files/Poster\\_Egypt.pdf](http://www.gainhealth.org/sites/default/files/Poster_Egypt.pdf) [Hämtad, 2010-05-11]
- Hallberg, L., (2002). Advantages and disadvantages of an iron-rich diet. *European Journal of Clinical Nutrition*. 51, 12-18
- Hurell, R.F., (2002). Fortification: Overcoming Technical and Practical Barriers. *The Journal of Nutrition*, 132, 806-812.
- Jonsson, L., Marklinder, I., Nydahl, M. och Nylander, A., (2007). Bakning. *Livsmedelsvetenskap*. Författarna och studentlitteratur, 368 och 379
- Martínez –Nevarrete N., Camacho M.M., Martínez-Lahuerta J., Martínez-Monzó J. och Fito P., (2000). Iron deficiency and iron fortified foods—a review, *Food Research International*, 35, 225-231.

NE (Nationalencyklopedin), (2010a). Porfyrinsyntes.  
Tillgänglig: <http://www.ne.se/porfyrinsyntes>  
[Hämtad, 2010-04-15]

NE (Nationalencyklopedin), (2010b). EDTA.  
Tillgänglig: <http://www.ne.se/edta>  
[Hämtad, 2010-04-19]

Nordic Council of Ministers, (2004). Iron, I: *Nordic Nutrition Recommendations 2004; Integrating nutrition and physical activity*, 4<sup>th</sup> ed. Köpenhamn, kap 34

Olsson, K. S., Väisänen, M., Konar, J. och Bruce, Å., (1997). The effect of withdrawal of food iron fortification in Sweden as studied with phlebotomy in subjects with genetic hemochromatosis. *European Journal of Clinical Nutrition*, 51, 782-786

Sadighi, J., Sheikholeslam, R., Mohammad, K., Pouraram H., Abdollahi, Z., Samadpour, K., Kolahdooz, F. och Naghavi, M., (2007). Flour fortification with iron: a mid-term evaluation. *Public Health*, 122, 313-321

Sadighi, J., Mohammad, K., Sheikholeslam, R., Amirkhani, M.A., Torabi, P., Salehi, F. och Abdolahi, Z. (2009). Anaemia control: Lessons from the flour fortification programme. *Public Health*, 123, 794-799.

Swanson, C.A., (2003). Iron intake and regulation: implications for iron deficiency and iron overload, *Alcohol*, 30, 99-102.

Venkatesh Mannar, M.G. & Wesley, A.S., (2008). Food Fortification. *International Encyclopedia of Public Health*, 622-630

WHO (World Health Organization) och FAO (Food and Agriculture Organization), (2004). Vitamin and mineral requirements in human nutrition, 2<sup>nd</sup> ed.

WHO (World Health Organization) och FAO (Food and Agriculture Organization), (2006). Guidelines on food fortification with micronutrients, 3, 13-15, 18, 24-30, 43-48, 97-101 & 162-164

WHO (World Health Organization), (2009). Recommendations on Wheat and Maize Flour Fortification Meeting Report: Interim Consensus Statement.

WHO (World Health Organization), (2010). WHO Collaborating Centres in the Eastern Mediterranean Region  
Tillgänglig: <http://www.emro.who.int/rpc/CollaboratingCentres.htm>  
[Hämtad, 2010-05-10]

WFP (World Food Programme), (2010). Egypt.  
Tillgänglig: <http://www.wfp.org/countries/egypt>  
[Hämtad, 2010-04-21]

Zimmermann, M.B. och Hurrell, R.F., (2007). Nutritional iron deficiency. *Lancet*, 370, 511-520