

Umwelt

Temperatur und Nährwert von Rapsöl

Didier Pellet¹, Alice Baux¹, Yves Grosjean¹, Thomas Hebeisen², Jürg Hiltbrunner² und Hansruedi Hunziker²

¹Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW, CH- 1260 Nyon

²Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon, CH-8046 Zürich

Auskünfte: Didier Pellet, E-Mail: didier.pellet@acw.admin.ch, Tel. +41 22 36 34 444

Zusammenfassung

In einer Pressemitteilung wurde 2007 berichtet, dass Rapsöl weniger Omega-3 Fettsäure enthält als meist angenommen wird. Gemäss diesem Bericht sind dafür die neuen Sorten verantwortlich. Das Ziel dieses Artikels ist es, diese Hypothese zu testen und die Rolle der Temperatur zu dokumentieren. Über eine acht Jahre dauernde Versuchsperiode (1999-2006) hat man in Changins eine Abnahme des Omega-3 Gehaltes im Rapsöl um einen Viertel festgestellt. Der Ölgehalt der Rapskörner, ein Ziel von mehreren Züchtungsprogrammen, hat in der gleichen Zeit um 2,6 Punkte zugenommen. Das negative Verhältnis zwischen Öl- und Omega-3 Gehalt kann die Hypothese, wonach die moderne Züchtung als primäre Ursache der Erosion der Omega-3 Gehalte im Rapsöl wäre, trotzdem nicht bestätigen. Ausserdem haben zwei Sorten, die in diesen acht Jahren kontinuierlich angebaut wurden, die gleiche Omega-3 Gehaltsabnahme gezeigt. Der Alpha-Linolensäuregehalt im Rapsöl wird besonders während der Rapskörnerbildung (20 Tage meistens im Juni) negativ durch hohe Nachttemperaturen beeinflusst. Im Weiteren haben in den letzten 20 Jahren im Schweizer Mittelland die minimalen Temperaturen (Nachttemperatur) im Juni um 2,6 °C zugenommen. Diese Temperaturzunahme erklärt, einen wichtigen Teil der Omega-3 Gehaltsabnahme im Rapsöl.

Das Rapsöl verdankt seinen Erfolg grösstenteils seinen ernährungsphysiologischen Qualitäten. Das derzeit in der Schweiz erzeugte konventionelle Rapsöl zeichnet sich aus durch einen hohen Gehalt an einfach ungesättigten Fettsäuren (58-64% Ölsäure, C18:1 Omega-9, OA) und mehrfach ungesättigten Fettsäuren, darunter 7-10% Alpha-Linolensäure (C18:3 Omega-3, ALA) und 18-20% Linolsäure, (C18:2, Omega-6, LA).

Gesunde Inhaltsstoffe

Diese Zusammensetzung verleiht dem Rapsöl anerkannte ernährungsphysiologische Eigenschaften, darunter die Senkung der Konzentration des Gesamtcholesterins und des LDL-Cho-

lesterins («schlechten» Cholesterins) im Blut und ein guter Schutz gegen arteriosklerotische Veränderungen der Blutgefässe (Trautwein 1998). Diese für die menschliche Gesundheit positiven Herz-Kreislauf-Effekte gehen auf das Konto der Alpha-Linolensäure aus der Omega-3-Familie. Zudem ist die ALA bei Mensch und Tier ein Vorläufer für die Synthese der langkettigen, mehrfach ungesättigten Fettsäuren wie der Eicosa-pentaensäure (C20:5, EPA) und der Docosahexaensäure (C22:6, DHA) (Saadatian *et al.* 1999). Diese langkettigen, mehrfach ungesättigten Fettsäuren haben einen positiven Einfluss auf die Lipidzusammensetzung des Gehirns, das Sehvermögen, die Neu-

rotransmitter-Systeme sowie auf das Verhalten und die Funktionen im kognitiven Bereich (Lernfähigkeit) (Chalon 2001). Sie spielen zudem eine entscheidende Rolle während des intrauterinen Wachstums und bei der Entwicklung des Kindes (Craig-Schmidt 2001). Neuere Studien zeigen, dass die Fettsäuren der Omega-6-Familie die Fetteinlagerung, die Rigidität der Zellen, die Gerinnung und entzündliche Reaktionen auf äussere Einwirkungen fördern. Sie begünstigen die Tumorbildung, während die Omega-3 eine schützende Wirkung haben (Blouin *et al.* 2006) und die Bildung von Fettzellen beschränken (Ailhaud und Guesnet 2004). Das Omega-6/Omega-3-Verhältnis eines Speiseöls sollte idealerweise unter fünf liegen, wie beim Rapsöl, das ein sehr günstiges Verhältnis aufweist und damit das schlechte Verhältnis in unserer modernen westlichen Ernährung (zwischen 15 und 20) korrigieren hilft. Das Omega-6/Omega-3-Ungleichgewicht in unserer Ernährung wird übrigens auch mit dem Auftreten gewisser Krebsarten (z.B. Brustkrebs) in Verbindung gebracht (Maillard *et al.* 2002).

Rapsöl hat einen relativ hohen Anteil an der gesundheitlich essenziellen Alpha-Linolensäure, was ihm das Prädikat «reich an Omega-3-Fettsäuren» des Bundesamtes für Gesundheit (BAG) eingebracht hat, das verliehen wird, wenn der durchschnittliche Konsum eines Nahrungsmittels 30% des täglichen Omega-3-Bedarfs zu decken vermag.

Abb. 1. Rapsschote mit Körnern im Wachstum: in dieser Phase wird die Fettsäuresynthese durch die Erwärmung der nächtlichen Tiefsttemperaturen beeinflusst.



In Frankreich vertreibt ein wichtiger Akteur der Ölsaatenbranche ein Rapsöl unter der Marke «Fleur de colza», das zu einem höheren Preis verkauft wird, dafür aber einen Mindestgehalt von Alpha-Linolensäure von 9% aufweisen muss.

Essenziell für die Gesundheit, Prädikatsträger, Handelsmarke – der Alpha-Linolensäuregehalt des Rapsöls steht offensichtlich im Zentrum gewichtiger Interessen. Ein populärwissenschaftlicher Beitrag (Braun 2007a) präsentierte vor diesem Hintergrund die Ergebnisse einer Untersuchung der Zusammensetzung von zwölf auf dem Schweizer Markt erhältlichen Rapsölen. Einer der analysierten Parameter, der Omega-3-Gehalt (Alpha-Linolensäure), variierte zwischen 5,4 und 8% (Extremwerte von 12 Stichproben). In einem zweiten Artikel (Braun 2007b) äussert der Autor gewisse Hypothesen, die den geringeren Omega-3-Gehalt der untersuchten Rapsöle erklären könnten. Seiner Meinung nach enthalten die modernen Rapsorten weniger Omega-3.

Ziel unserer Arbeit war es, diese Hypothese anhand der Ergebnisse aus unserer Forschungstätigkeit im Zeitraum 1999-2006 zu testen und eine weitere Hypothese zu prüfen: **den Einfluss der Temperatur auf die Fettsäurezusammensetzung von Rapsöl.**

Den Ölgehalt bestimmen

Als Beurteilungsgrundlage dienten die Ergebnisse des Winter-raps-Versuchsnetzes für die Sortenversuche von Agroscope. Die Versuchsstandorte, die Produktionstechniken und die Versuchsdurchführung sind von Pellet *et al.* (2005) beschrieben worden. Die im Folgenden spezifisch erwähnten Sorten sind in der Tabelle 1 beschrieben. Der Ölgehalt wurde mittels Nah-In-

Tab. 1. Beschreibung der geprüften und im Text erwähnten Sorten

Sorte	Sortentyp	Züchter
Express	Liniensorte	NPZ (D)
Talent	restaurierter Hybrid	NPZ (D)
Colosse* (1999-2002)	Verbundhybrid	Monsanto (F)
Cormoran* (2003-2006)	Verbundhybrid	Monsanto (F)
Aviso	Liniensorte	SW seeds (S)
Expert	Liniensorte	Momont (F)
Robust	Liniensorte	KWS (D)
Trabant	restaurierter Hybrid	NPZ (D)
Standing	Verbundhybrid	Serasem (F)
Visby	restaurierter Hybrid	NPZ (D)
NPZ 406	restaurierter Hybrid	NPZ (D)

*Colosse und Cormoran bestehen zu 70% aus demselben männlich sterilen Hybrid. Die Pollenspenden (30%) sind dagegen verschieden. Ab 2003 beziehen sich die beobachteten Werte auf Cormoran.

frarot-Spektrometrie NIRS (Foss NIRSystem, Inc. Silverspring, Maryland, USA) bestimmt, die Untersuchung des Fettsäurespektrums erfolgte gaschromatographisch (GC 8000, Carlo Erba Instruments, Italien). In Tabelle 2 finden sich Angaben zu den verschiedenen im Text präsentierten Fettsäuren. Die beiden Begriffe «Raps» und «konventioneller Raps» werden hier im Gegensatz zum HOLL-Raps (hoher Ölsäure- und tiefer Omega-3-Gehalt) ohne Unterscheidung verwendet.

Die Klimadaten für die Stationen Changins und Reckenholz stammen aus dem MeteoSchweiz-Messnetz, die Daten für die übrigen Standorte von mobilen Messstationen. Die statistischen Analysen wurden mithilfe der

Software Sigmaplot und Sigmatat (Jandel Corporation, USA) durchgeführt.

Der Linolensäuregehalt geht zurück

Die Steigerung des Ölgehalts der Rapsorten ist ein Selektionsziel der Züchter, weil sich die Wirtschaftlichkeit des Rapses auf dem europäischen Markt auf diese Weise verbessern lässt. Tabelle 3 informiert – nach Jahren ausgewiesen – über den Ölgehalt (relative Werte) und den Fettsäuregehalt der Rapsorten, die zwischen 1999 und 2006 am Standort Changins getestet wurden. Die beobachteten Mittelwerte beziehen sich von einem Jahr zum anderen auf unterschiedliche Sorten, mehrheitlich Neuzüchtungen. Lediglich eine Minderheit der Zuchtsorten war über

Tab. 2. Beschreibung der drei wichtigsten Fettsäuren des Rapsöls.

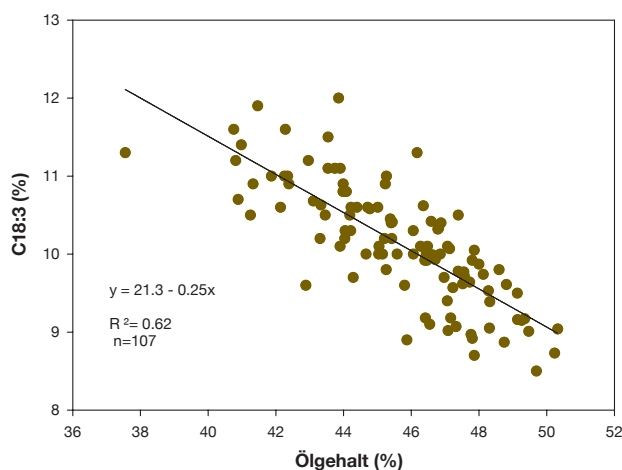
Name	Chemische Formel	Beschreibung	Fettsäurengruppe	Familie
Ölsäure	C 18:1	Fettsäure mit 18 Kohlenstoffatomen und einer Doppelbindung	einfach ungesättigte	Omega-9 Erste Doppelbindung am 9. C-Atom der Molekülkette
Linolensäure	C 18:2	Fettsäure mit 18 Kohlenstoffatomen und zwei Doppelbindungen	mehrfach ungesättigte	Omega-6 Erste Doppelbindung am 6. C-Atom der Molekülkette
Alpha-Linolensäure	C 18:3	Fettsäure mit 18 Kohlenstoffatomen und drei Doppelbindungen	mehrfach ungesättigte	Omega-3 Erste Doppelbindung am 3. C-Atom der Molekülkette

Tab. 3. Durchschnittliche Gehaltswerte und Zusammensetzung des Rapsöls der konventionellen, 1999-2006 geprüften Sorten (Standort Changins). Der Bestimmungskoeffizient und die Steigung der Geraden des linearen Regressionsmodells (Messung der Parameter nach der Zeit) sind mit ihrem statistischen Signifikanzniveau angegeben.

Jahr	Ölgehalt (relative Werte) ¹	Ölsäure C18:1 (%)	Linolsäure C18:2 (%)	Linolensäure C18:3 (%)	Verhältnis C18:2 / C18:3
1999	96,9	60,7 (0,29) ²	19,7 (0,47)	9,94 (0,26)	1,98 (0,03)
2000	96,2	64,7 (0,34)	18,2 (0,33)	8,33 (0,16)	2,19 (0,05)
2001	96,3	64,4 (0,52)	17,1 (0,47)	8,73 (0,13)	1,96 (0,04)
2002	96,5	64,4 (0,44)	18,6 (0,40)	7,18 (0,10)	2,59 (0,03)
2003	99,9	64,9 (0,33)	19,1 (0,27)	7,43 (0,11)	2,58 (0,05)
2004	100,6	65,1 (0,45)	17,9 (0,34)	7,95 (0,18)	2,25 (0,05)
2005	98,7	65,6 (0,35)	17,9 (0,27)	7,92 (0,17)	2,27 (0,05)
2006	101,4	65,8 (0,57)	18,7 (0,41)	7,00 (0,23)	2,70 (0,12)
R ²	0,69**	0,61*	0,04 ns	0,57*	0,42 ns (P<0,08)
Steigung	0,72**	0,51*	-0,07 ns	-0,29*	0,08 ns (P<0,08)

¹ Sorte Express = Index 100, realer Mittelwert = 45,3% Öl; ² Standardfehler; ³ ns: nicht signifikant (P > 0,05); **/*: statistisch signifikant bei P < 0,05/P < 0,01.

Abb. 2. Einfluss des Rapsölgehalts auf die Linolensäurekonzentration verschiedener Sorten, die 1999 an 4 Standorten (Changins, VD, Reckenholz, ZH, Goumoens, VD, Ellighausen, TG) angebaut wurden. Die verschiedenen Parameter der linearen Regression sind statistisch signifikant (P < 0,0001).



mehrere Jahre hinweg vertreten. Die genetisch bedingte Zunahme des Ölgehalts beträgt für die im Versuchszeitraum getestete Sorten-Stichprobe 2,6 Punkte, was einem relativen Wert von 5,8% entspricht (Steigung der Regressionsgeraden um 0,72%/Jahr während acht Jahren), dies bei einem mittleren Ölgehalt von 45,3% (Tab. 3).

Der mittlere Ölsäuregehalt (C18:1) legte ebenfalls um 4,1 Punkte zu (Zunahme entsprechend der Steigung der Regressionsgeraden um 0,51%/Jahr während acht Jahren), während der Linolsäuregehalt (C18:2) praktisch stabil blieb. **Der Linolen-**

säuregehalt (Omega-3) ging mit einer Abnahme um 2,3 Punkte signifikant zurück (Abnahme gemäss Steigung der Regressionsgeraden um -0,29%/Jahr im Berichtszeitraum. Dies entspricht einem relativen Rückgang um 25% in acht Jahren! Gleichzeitig stieg der Omega-6/Omega-3-Fettsäurequotient in diesem Zeitraum von 2,0 auf 2,7. Abb. 1 zeigt die negative Korrelation zwischen Ölgehalt und Alpha-Linolensäuregehalt (C18:3) beim Raps. Die negative Steigung dieser Regression, die auf der Grundlage von Anbauversuchen mit heterogenen Sorten an vier Standorten in 1999 erstellt wurde, zeigt, dass sich der Linolensäuregehalt mit jedem Prozent Ölzugewinn um 0,25% verringert. Diese Ergebnisse wurden durch Pellet (2001) bestätigt, der zudem eine positive Korrelation zwischen Öl- und Ölsäuregehalt beobachtet. Welcher physiologische Mechanismus hinter diesen Beobachtungen steckt, muss allerdings noch geklärt werden.

Aufgrund dieser Ergebnisse (Tabelle 3 und Abb. 2) **kann festgehalten werden, dass die Züchtung von Sorten mit immer höherem Ölgehalt nicht der**

Hauptgrund für den erheblichen Rückgang des Omega-3-Gehalts beim Raps ist. Der genetische Fortschritt, der sich in der Zunahme des Ölgehalts um 2,6% im Berichtszeitraum ausdrückt (Tab. 1), dürfte für eine Abnahme der Linolensäure um 0,65% ($2,6 \times 0,25\% = 0,65\%$, Abb. 1) verantwortlich sein, was lediglich einem Viertel der in Tab. 3 ausgewiesenen Gesamteinbusse an Linolensäure (2,3%) entspricht. **Die Rückkehr zu älteren Sorten, wie sie Braun (2007b) postuliert, wäre daher nicht geeignet, die Erosion des Omega-3-Gehalts im Rapsöl aufzuhalten.**

Entwicklung des Fettsäurespektrums

Tabelle 4 zeigt die Zusammensetzung der wichtigsten Fettsäuren der Sorten Express und Colosse, einem Verbundhybrid, der im Laufe der Untersuchung Cormoran getauft wurde. Das Fettsäuremuster der beiden Sorten veränderte sich im Laufe der Zeit, wobei sowohl der Ölsäuregehalt als auch der Omega-6/Omega-3-Quotient Zunahmen verzeichneten. Im Fall von Colosse/Cormoran stieg dieser von zwei auf drei. Der Linolensäuregehalt von Colosse/Cormoran sank im Berichtszeitraum relativ betrachtet um 28%, während die jährlichen C18:3-Fluktuationen bei der Sorte Express zwischen 8,5% im Jahr 1999 und 7,5% im Jahr 2005 lagen, was einer Abnahme um 12% entspricht.

In diesem Zeitraum blieben die Raps-Anbautechniken auf dem Betrieb Changins stabil, die Bodentypen der Versuchsanlage waren relativ einheitlich. Die in Tabelle 4 ausgewiesenen Schwankungen müssen daher klimatischen Ursprungs sein.

Nachttemperaturen verändern Inhaltsstoffe

Linolensäure (C18:3) wird im Rapskorn im Wesentlichen durch

Tab. 4. Entwicklung der wichtigsten Fettsäure-Gehaltswerte der 1999-2005 bzw. 2006 am Standort Changins angebauten Winterrapssorten Express und Colosse/Cormoran. Der Bestimmungskoeffizient und die Steigung der Geraden des linearen Regressionsmodells (Messung der Parameter nach der Zeit) sind mit ihrem statistischen Signifikanzniveau angegeben.

Jahr	Sorte Express				Sorte Colosse/Cormoran			
	Ölsäure C18:1 (%)	Linolsäure C18:2 (%)	Linolensäure C18:3 (%)	Verhältnis C18:2/C18:3	Ölsäure C18:1 (%)	Linolsäure C18:2 (%)	Linolensäure C18:3 (%)	Verhältnis C18:2/C18:3
1999	61,6	16,9	8,5	1,99	60,3	20,1	10,0	2,01
2000	66,3	16,6	7,6	2,18	65,2	17,9	8,6	2,08
2001	66,6	15,0	8,0	1,87	64,6	16,5	8,7	1,89
2002	65,9	17,1	7,7	2,22	64,3	18,9	8,2	2,30
2003	66,2	17,9	7,0	2,56	65,4	19,0	7,8	2,44
2004	67,3	16,4	7,6	2,16	65,7	17,5	7,6	2,30
2005	66,7	17,0	7,5	2,27	64,9	18,1	8,3	2,18
2006	-	-	-	-	65,7	19,7	6,6	2,98
R ²	0,47 ns (P < 0,09)	0,06 ns	0,45 ns (P < 0,1)	0,28 ns	0,45 ns (P < 0,07)	0,001 ns	0,74**	0,56*
Steigung	0,60*	0,10 ns	-0,14 ns (P < 0,06)	0,05 ns	0,48 ns (P < 0,07)	0,02 ns	-0,35**	0,10*

³ ns: nicht signifikant (P > 0,05); **/: statistisch signifikant bei P < 0,05/P < 0,01.

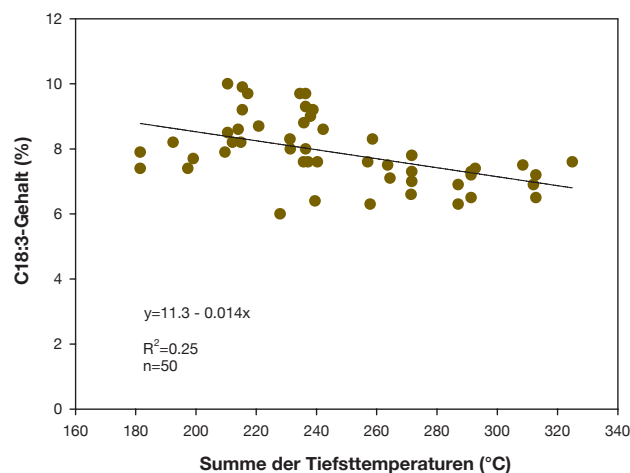
die Entsättigung von Ölsäure (C18:1) in Linolsäure (C18:2) und anschliessend in Linolensäure (C18:3) synthetisiert. Eine Familie von Enzymen, die Desaturasen, sind für diese Umwandlung zuständig. Einige dieser Enzyme sind temperaturempfindlich: tiefe Temperaturen stimulieren ihre Aktivität (Diepenbrock 2007), hohe Temperaturen hemmen sie dagegen (Matsuda *et al.* 2005). Eine Erhöhung der Temperatur hat deshalb einen höheren Ölsäure- und einen geringeren Linolensäuregehalt zur Folge.

Merrien *et al.* (2007) haben gezeigt, dass der Linolensäuregehalt von konventionellem Raps negativ mit der nächtlichen Tiefsttemperatur in den 60 Tagen nach Beginn der Blütezeit korreliert. Kühle Nächte fördern somit eine höhere Konzentration dieser Fettsäure. Dieselbe Feststellung haben Baux *et al.* (2008) für Rapssorten mit geringem Linolensäuregehalt gemacht (HOLL-Sorten). Diese jüngste Untersuchung weist einen noch engeren Zusammenhang zwischen Tiefsttemperatur und Linolensäuregehalt nach, indem die

Betrachtung auf die Phase der Körnerbildung und der Ölsynthese – d.h. unter schweizerischen Verhältnissen auf die 20 Tage zwischen dem 41. und 60. Tag nach Blühbeginn – beschränkt wird. Abbildung 3 zeigt, dass der definitive Linolensäuregehalt des Rapskorns (wiederum beim konventionellen Raps) eine negative Korrelation mit der Summe der Tiefsttemperaturen während der 20 Tage des intensiven Körnerwachstums und der Ölsynthese (d.h. zwischen dem 41. und 60. Tag nach Beginn der Blütezeit) aufweist. Die 50 Punkte in Abbildung 3 stellen eine Reihe von nicht orthogonalen Messwerten über sechs Standorte, acht Jahre und drei Sorten hinweg dar. Obschon sich die kritische Phase der Körnerbildung (20 Tage) in diesen verschiedenen Fällen über einen Zeitraum von Mitte Mai bis Anfang Juli erstreckt, entfallen 87% der Kornwachstumsphase auf den Monat Juni. Unter hiesigen Verhältnissen sind die Tiefsttemperaturen des Monats Juni daher der Haupteinflussfaktor des Linolensäuregehalts und generell der Fettsäurezusammensetzung von Raps.

Abbildung 4 zeigt die Entwicklung der mittleren Tiefsttemperaturen des Monats Juni zwischen 1987 und 2006 (20 Jahre) in Changins (VD) und in Reckenholz (ZH). Innerhalb von 20 Jahren sind die Tiefsttemperaturen an beiden Standorten um rund 2,6 °C gestiegen (0,13 °C/Jahr während 20 Jahren). Die beobachtete Erwärmung stellt somit ein ziemlich bedeutendes Phänomen dar, das beide Messstandorte im Schweizer Mittelland gleichermaßen betraf. In der Versuchsperiode 1999-2006 waren die durchschnittlichen Tiefsttemperaturen des Monats Juni 1999 (Jahr 13) und 2001

Abb. 3. Einfluss der Summe der Tiefsttemperaturen (vom 41. bis 60. Tag nach Blühbeginn) auf den Linolensäuregehalt (C18:3) des Rapskorns. Reihe von nicht orthogonalen Werten für die Sorten Talent, Express und Colosse/Cormoran, die von 1999 bis 2006 an den Standorten Changins (VD), Goumoens (VD), Burtigny (VD), Oensingen(SO), Gennersbrunn (SH) und Reckenholz (ZH) angebaut wurden. Die verschiedenen Parameter der linearen Regression sind statistisch signifikant (P < 0,001).



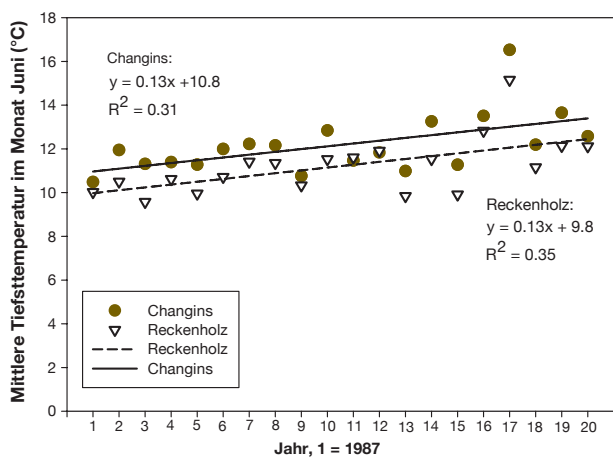


Abb. 4. Entwicklung der mittleren Tiefsttemperatur des Monats Juni in Changins (VD) und Reckenholz (ZH) von 1987 (Jahr 1) bis 2006. Die verschiedenen Parameter der linearen Regressionen sind statistisch signifikant ($P < 0,01$).

(Jahr 15) am niedrigsten, und zwar in Changins und in Reckenholz (Abb. 4). In diesen kühleren Jahren wurden auch die höchsten C18:3-Gehaltswerte und die niedrigsten 18:2/C18:3-Quotienten gemessen (Tab. 3 und 4), für die Gesamtheit der Sorten ebenso wie gesondert für Express und Colosse/Cormoran. Diese Beobachtung bestätigt einmal mehr den Einfluss der Tiefsttemperaturen auf die Fettsäurezusammensetzung von Raps und auf die jahresspezifische Variabilität der gemessenen Werte.

Dieser Anstieg der Tiefsttemperaturen des Monats Juni scheint aussergewöhnlich und weit über die Erwärmung der Durchschnittstemperatur um $1,5^{\circ}\text{C}$ hinauszugehen, die in der Schweiz im Laufe des 20. Jahrhunderts beobachtet und von Rebetez (2002) dokumentiert wurde. Dieser Autor zeigt jedoch auf, dass die Hälfte der Erwärmung seit 1980 stattfand, dass der Anstieg der nächtlichen Temperaturen im Mittelland doppelt so hoch ist wie jener der Höchstwerte und dass die Erwärmung im Zeitraum Juni-Juli-August ausgeprägter ist als in den übrigen Monaten des Jahres. (Rebetez 2002; Anonym 2007).

Mit dem Anstieg der Tiefsttemperaturen lässt sich auch ein Teil der Änderungen in der Zusammensetzung des Öls der Sorten Express und Colosse/Cormoran

am Standort Changins (Tab. 4) erklären. Tatsächlich ist die Summe der Tiefsttemperaturen in der Berichtsperiode während der kritischen Phase (20 Tage) der Körnerbildung bei diesen Sorten um $50\text{--}60^{\circ}\text{C}$ gestiegen (Daten nicht präsentiert). Die errechnete Steigung der Regression in Abbildung 3 bedeutet, dass diese Erwärmung den Linolensäuregehalt vermindert. Im Fall der Sorten Express und Colosse/Cormoran ist rund die Hälfte der in Tabelle 4 geschilderten Schwankungen des Linolensäuregehalts beider Sorten direkt auf diesen Anstieg der Tiefsttemperaturen zurückzuführen.

2007 höhere Omega-3-Fettsäurewerte

Entgegen dem Abwärtstrend der vergangenen Jahre überstieg der Omega-3-Gehalt des Rapsöls im Jahr 2007 die Vorjahreswerte. Bei den Sortenversuchen am Standort Changins betrug der C18:3-Gehalt der getesteten konventionellen Sorten 2007 im Mittel $8,1\%$. Derart hohe Werte waren seit 2001 nicht mehr verzeichnet worden (Tab. 3). Gleiches gilt für die Sorte Colosse/Cormoran, die in Changins mit einem Gehalt von $8,6\%$ den höchsten Wert seit 2001 erreichte (Tab. 4). Der besonders frühe Blühbeginn 2007 (am 9. April für die frühreifsten Sorten in Changins) führte dazu, dass ein Grossteil (65%) der kritischen Phase der Körnerbildung in den Monat Mai (der in 2007 kühl war), statt wie in den Vorjahren in den Monat Juni fiel. Die Summe der Tiefsttemperaturen in der kritischen Phase war denn auch die niedrigste seit dem Jahr 2001, als der Blühbeginn ebenfalls sehr früh erfolgte. Der frühe Beginn der Blütezeit und die niedrigen Tiefsttemperaturen während der kritischen Phase der Körnerbildung liefern somit die Erklärung für den hohen Linolensäuregehalt des Jahrgangs 2007. Da klimatische Veränderungen nicht linear verlaufen, sind solche Ab-

weichungen von den langfristigen Tendenzen nichts Aussergewöhnliches.

Kritische Phase meist im Juni

Seit 1999 ist eine Veränderung der Zusammensetzung des Öls von konventionellem Raps festzustellen. Neben einer Zunahme des Ölsäuregehalts und des Omega-6/Omega-3-Quotienten ist insbesondere eine Abnahme des Alpha-Linolensäuregehalts (Omega-3) zu beobachten. Diese Veränderungen sind nicht unwichtig, handelt es sich doch um Kernparameter des Nährwerts von Raps und dessen Bedeutung für die menschliche Gesundheit.

Die Züchtung von Rapsorten mit immer höherem Ölgehalt spielt bei der Abnahme des Omega-3-Gehalts lediglich eine sekundäre Rolle, obschon eine leicht negative Korrelation zwischen Öl- und Linolensäuregehalt existiert. Der Anbau von älteren Sorten ist deshalb kein geeignetes Mittel, um dem Schwund des Alpha-Linolensäuregehalts beim Raps entgegenzuwirken.

Die Zusammensetzung des Rapsöls wird unter hiesigen Verhältnissen durch die Tiefsttemperaturen während der Zeit des Körnerwachstums und der Ölsynthese beeinflusst, einer kritischen Phase von 20 Tagen, die 41 Tage nach Beginn der Blütezeit einsetzt. Je höher die Tiefsttemperaturen während dieser Zeit sind, desto niedriger ist der Omega-3-Gehalt. Diese kritische Phase der Körnerbildung fällt meist auf den Monat Juni.

In den vergangenen 20 Jahren (1987-2006) sind die Tiefsttemperaturen des Monats Juni in Changins und in Reckenholz um $2,6^{\circ}\text{C}$ gestiegen; diese Erwärmung vermag die Abnahme des Omega-3-Gehalts von Raps zum Teil zu erklären.

Literatur

- Ailhaud G. & Guesnet P., 2004. Fatty acid composition of fats is an early determinant of childhood obesity: a short review and an opinion. *Obesity Reviews* **5** (1), 21-26.
- Anonyme, 2007. Les changements climatiques et la Suisse en 2050. Sc. Nat. 168 pp.
- Baux A., Hebeisen Th. & Pellet D., 2008. Effects of minimal temperatures on low-linolenic rapeseed oil fatty-acid composition. *European Journal of Agronomy* **29**, 102-107.
- Blouin J. M., Chaves Valeria E., Bortoli S. & Forest C., 2006. Effets des acides gras sur l'inflammation et le cancer. *OCL* **13** (5), 331-336.
- Braun G., 2007a. Mit Rapsoel gegen den Herzinfarkt. *Gesundheitstipp März 2007*, 10-11.
- Braun G., 2007b. Rapsoel: weniger gesunde Fette. *Gesundheitstipp April 2007*, 8.
- Chalon S., 2001. Acides gras poly-insaturés et fonctions cognitives. *OCL* **8** (4), 317-320.
- Craig-Schmidt M., 2001. Isomeric fatty acids: evaluating status and implications for maternal and child health. *Lipids* **36** (9), 997-1006.
- Diepenbrock W., 2007. Biologische Grundlagen. In: Winterraps, das Handbuch für Profis. Christen O. & Friedt W. (eds). DLG Verlag, Frankfurt am Main, Deutschland, 53-59.
- Maillard V., Bougnoux P. & Ferrari P., 2002. N-3 and N-6 fatty acids in breast adipose tissue and relative risk of breast cancer in a case-control study in Tours, France. *Int. J. Cancer* **98** (1), 78-83.
- Matsuda O., Sakamoto H., Hashimoto T. & Iba K., 2005. A temperature-sensitive mechanism that regulates post-translational stability of a plastidial Omega-3 fatty acid desaturase (FAD8) in *Arabidopsis* leaf tissues. *Journal of Biological Chemistry* **280** (5), 3597-3604.
- Merrien A., Krouti M., Dechambre J., Garnon V. & Evrard J., 2007. Contribution to understand the fluctuation of linolenic acid profile in winter oilseed rape grown in France. In: Proceedings 12th International Rapeseed Congress on Quality, Nutrition and Processing, 26-30 March, 2007, Wuhan, China, 92-95.
- Pellet D., 2001. Oilseed rape varietal response to N fertilization. In: Proceedings GCIRC Technical Meeting, June, 2001, Poznan, Poland.
- Pellet D., Hebeisen Th., Accola A., Heiniger U., Heinzer L., Voegeli U. & Zürcher J., 2005. Colza d'automne: mélange de variétés pour améliorer la stabilité du rendement. *Revue suisse Agric.* **37** (3), 125-129.
- Rebetez M., 2002. La Suisse se réchauffe. Effet de serre et changement climatique. Presses polytechniques et universitaires romandes, 140 p.
- Saadatian Mitra, Goudable J. & Riboli E., 1999. Lipides et cancer. *OCL* **6** (3), 242-251.
- Trautwein Elke, 1998. L'huile de colza: un produit de haute valeur pour l'alimentation humaine. *Revue suisse Agric.* **30** (3), 115-120.

RÉSUMÉ

Température et qualité nutritionnelle du colza

Selon des articles de presse parus en 2007, les variétés modernes de colza contiendraient moins d'acides gras Oméga-3 que les plus anciennes. Le présent travail avait pour but de tester cette hypothèse et de documenter le rôle éventuel de la température dans le phénomène observé. A Changins, une baisse des teneurs en Oméga-3 du colza de 1/4 a été constatée en huit ans sur un groupe non homogène de variétés. La richesse en huile, paramètre cible de nombreux programmes de sélection, a progressé d'environ 2,6 points dans le même temps. La relation négative existant entre la teneur en huile et la richesse en acide linoléique ne permet toutefois pas d'expliquer à elle seule la diminution des teneurs en Oméga-3 du colza. Par ailleurs, une baisse similaire de la teneur en Oméga-3 a été observée chez deux variétés cultivées continuellement durant sept et huit ans. La concentration en acide alpha-linoléique du colza diminue avec des températures nocturnes élevées durant la croissance du grain, soit une période critique de 20 jours, généralement placée au mois de juin. Or, depuis 20 ans, les températures minimales (nocturnes) ont augmenté de 2,6 °C au mois de juin sur le plateau suisse. Ce phénomène permet d'expliquer en grande part la diminution de la concentration en Oméga-3 dans les variétés de colza.

SUMMARY

Temperature and rapeseed oil nutritional quality

In 2007, newspapers reported a decrease in oilseed rape Omega-3 fatty acid content, which was related to the breeding of modern varieties. The goal of the present paper was to evaluate this hypothesis and to document the role of temperature in the observed phenomenon. At Changins research Station, a significant decrease in alpha-linolenic acid content by a fourth of its initial value was registered over 8 years in a panel of varieties, while a 2.6 points oil content increase was observed in new-bred varieties. Moreover, a negative relationship between oil- and linolenic-acid content was established. Nonetheless, the breeding of modern varieties with improved oil content cannot be pointed out as major cause to explain the observed erosion in Omega-3 fatty acid contents. Similar decreases in alpha-linolenic acid content were also observed in two cultivars continuously grown over this period of time. Omega-3 fatty acid synthesis is negatively influenced by high night temperature during seed growth, a 20 days period usually taking place in June in the lowland conditions of Switzerland. Meteorological records for these regions show a 2.6 °C minimal temperature increase in June over the last 20 years. This trend could explain most of the observed erosion of Omega-3 fatty acid content in rapeseed oil.

Key words: alpha-linolenic acid, temperature, rapeseed oil